



TESIS

**Segmentasi Exudate pada Citra Fundus
Menggunakan *Mathematical Morphology* dan
Kombinasi *Renyi Entropy Thresholding* dengan
*Cuckoo Search Optimization algorithm***

Dinial Utami Nurul Qomariah
NRP. 5116201026

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc Ph.D
NIP: 19490823 197603 2 001

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN KOMPUTASI CERDAS DAN VISUALISASI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom.)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya


oleh:
Dinial Utami Nurul Qomariah
NRP. 5116201026

Dengan judul:
SEGMENTASI EXUDATE PADA CITRA FUNDUS MENGGUNAKAN
MATHEMATICAL MORPHOLOGY DAN KOMBINASI RENYI ENTROPY
THRESHOLDING DENGAN CUCKOO SEARCH OPTIMIZATION ALGORITHM

Tanggal ujian: 11-1-2018
Periode wisuda: 2018 Gasal

Disetujui oleh:

Prof. Ir. Handayani Tiandrasa, M.Sc Ph.D.
NIP. 19490823 197603 2 001


(Pembimbing 1)


Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom
NIP. 19720809 199512 1 001


(Penguji 1)

Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom
NIP. 19710428 199412 2 001


(Penguji 2)

Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom
NIP. 19751220 200112 2 002


(Penguji 3)



Dekan Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi,


Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom
NIP. 19720809 199512 1 001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Segmentasi Exudate pada Citra Fundus Menggunakan *Mathematical Morphology* dan Kombinasi *Renyi Entropy Thresholding* dengan *Cuckoo Search Optimization algorithm*.

Nama mahasiswa : Dinial Utami Nurul Qomariah
NRP : 5116201026
Pembimbing I : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc Ph.D.

ABSTRAK

Diabetic retinopathy merupakan penyakit yang disebabkan oleh diabetes, yang menyebabkan abnormalitas dari pembuluh darah retina. Salah satunya exudates yang merupakan lapisan lemak dan protein yang pecah pada pembuluh darah yang abnormal dan bisa menyebabkan kebutaan bila berada pada area macula. Sebelum mendeteksi exudates, area optic disk pada retina perlu dideteksi dan dihilangkan, karena optic disk juga memiliki nilai intensitas yang hampir sama dengan exudates. Area seperti pembuluh darah dan haemorrhage juga perlu dihilangkan karena area tersebut tidak berkaitan dengan proses segmentasi exudates.

Penelitian ini mengusulkan sebuah metode untuk segmentasi exudates pada citra fundus menggunakan *mathematical morphology* dan kombinasi *renyi entropy thresholding* dengan *cuckoo search optimization algorithm*. *Mathematical morphology* untuk mendeteksi exudates, akan tetapi metode morfologi saja tidak cukup untuk mengurangi over segmentasi sehingga untuk mengurangi oversegmentasi dikembangkan metode *renyi entropy thresholding* yang mempertimbangkan intensitas dari gambar. Metode *renyi entropy thresholding* dikombinasikan dengan metode optimasi *cuckoo search algorithm*. Pengembangan metode *renyi entropy thresholding* dilakukan agar dapat menghasilkan nilai *threshold* lebih optimal dengan mengoptimalkan nilai parameter ρ pada *renyi entropy* yang ditetapkan antara nilai 0-1 menjadi adaptif menggunakan pendekatan *cuckoo search algorithm*. Sehingga metode yang dihasilkan menjadi *renyi entropy thresholding* berdasarkan *cuckoo search optimization algorithm*.

Pengujian dilakukan pada gambar *diaretdb1*. Dataset diolah berdasarkan metode yang diajukan dengan menghitung nilai *sensitivity*, *specificity* dan *accuracy* dengan nilai berturut-turut 92,26%, 99,77% dan 99,72%.

Kata kunci: citra fundus, exudates, *mathematical morphology*, *renyi entropy thresholding*, *cuckoo search*, segmentasi.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Exudate Segmentation in Retinal Fundus Images Using Mathematical Morphology and Combination of Renyi Entropy Thresholding with Cuckoo Search Algorithm

Name : Dinial Utami Nurul Qomariah
Student Identity Number : 5116201026
Supervisor : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc Ph.D

ABSTRACT

Diabetic retinopathy is a disease caused by diabetes, which is caused by abnormalities of the blood vessels in the eyes. One of them are exudates which are fat that broken on the abnormal blood vessels and can lead to blindness. Before detecting exudates, optic disk area is detected and removed since it has similar intensity with exudates. Mathematical morphology is used to detect the area of exudates and remove the area of the optic disk, because the morphological process still results oversegmentation then thresholding is done to reduce oversegmentation. Area such as blood vessels and haemorrhage need to be removed because the area is not related to the exudates segmentation process.

This research proposes a method for segmentation of exudates on the fundus image using mathematical morphology and renyi entropy thresholding combination with cuckoo search optimization algorithm. Mathematical morphology is to detect exudates, but morphological methods are not sufficient to reduce over segmentation. The over-segmentation is reduced using renyi entropy thresholding method which counts value of the intensity of the image. Renyi entropy thresholding method combined with cuckoo search algorithm optimization method. The method of renyi entropy thresholding is employed in order to get more optimal threshold value by optimizing the value of rho parameter on renyi entropy which the value is between 0-1 to be adaptive using cuckoo search algorithm approach. So the method becomes renyi entropy thresholding based on cuckoo search optimization algorithm.

The test is performed on diaretdb1 image. The dataset is processed by the proposed method by calculating the sensitivity, specificity and accuracy value with the results 92.26%, 99.77% and 99.72% respectively.

Keywords: Fundus image, exudates, mathematical morphology, renyi entropy thresholding, cuckoo search, segmentation.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa Tesis ini dapat diselesaikan karena dukungan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk dukungan moral dan material.

Melalui kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua orang untuk semua bantuan yang telah diberikan, antara lain kepada:

1. Ibu dan bapak tercinta yang tiada henti selalu mendukung anaknya, tetap sabar mendengar keluhannya, selalu mendoakan anaknya yang terbaik dan selalu menjadi panutan yang baik.
2. Ibu Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc Ph.D selaku pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis. Semoga Allah SWT senantiasa merahmati bapak dan keluarga.
3. Bapak Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom, Ibu Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom, dan Dr. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom sebagai tim Penguji Tesis yang memberikan masukan dan kritik yang membangun untuk Tesis ini.
4. Seluruh dosen S2 Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama menempuh studi.
5. Teman seperjuangan dan sahabat serta teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan motivasi yang telah diberikan.
6. Sehun EXO yang selalu membuat penulis semangat dan motivasi yang diberikan.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan pada Tesis ini. Oleh karena itu, segala tegur sapa dan kritik

yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tesis ini. Penulis berharap bahwa perbuatan baik dari semua orang yang dengan tulus memberikan kontribusi terhadap penyusunan Tesis ini mendapatkan pahala dari Allah. Aamiin Alluhamma Aamiin.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Kontribusi Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Diabetic Retinopathy</i>	7
2.2 <i>CIELUV Colorspace</i>	8
2.3 Segmentasi Citra	9
2.4 Metode Segmentasi	10
2.4.1 Teknik Morfologi	10
2.4.2 <i>Renyi Entropy Thresholding</i>	15
2.4.3 <i>Cuckoo Search Algorithm</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Sampel Citra Fundus	22
3.2 <i>Preprocessing</i> Citra Fundus	23
3.3 Segmentasi Kasar Citra Fundus	24
3.4 <i>Optic Disc Removal</i>	26
3.5 Final Segmentasi	28
3.6 Tahapan <i>Cuckoo Search Algorithm</i>	29
3.7 Tahapan <i>Renyi Entrophy Thresholding</i>	31

3.8	Skenario Uji Coba	32
3.9	Analisis Hasil	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Lingkungan uji coba.....	35
4.2	Dataset Penelitian	35
4.3	Preprocessing.....	35
4.3.1	Uji Coba Ruang warna LUV	35
4.3.2	Uji Coba Morphological top-hat dan bottom-hat	37
4.4	Segmentasi Awal.....	38
4.4.1	Optic Disk Removal	38
4.4.2	Cuckoo Search Algorithm	39
4.4.3	Renyi Entropy Thresholding	41
4.5	Segmentasi Akhir	42
4.5.1	Cuckoo search algorithm	42
4.5.2	Renyi Entropy Thresholding	44
4.6	Analisa Penelitian.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran	51
LAMPIRAN		53
1.	Lampiran 1 uji coba Renyi <i>entropy thresholding</i> segmentasi awal	53
2.	Lampiran 2 uji coba Renyi <i>entropy thresholding</i> segmentasi akhir.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		59
BIOGRAFI PENULIS		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Visualisasi LUV Colorspace.....	8
Gambar 2.2. Strel (a) <i>diamond</i> , (b) <i>disk</i> , (c) <i>rectangle</i> , (d) <i>line</i> , (e) <i>octagon</i> , (f) <i>square</i>	11
Gambar 2.3. <i>Dilasi dan Erosi</i>	12
Gambar 2.4. Ilustrasi geometris opening dan closing citra grayscale.....	14
Gambar 2.5. Transformasi Top-Hat menggunakan elemen penstruktur berukuran 9x9 berbentuk cakram.....	15
Gambar 2.6 Alur cuckoo search.....	19
Gambar 3.1 Desain Sistem.....	21
Gambar 3.2 Sampel citra fundus with exudates (Kauppi et al., 2007).....	22
Gambar 3.3 Alur Diagram Preprocessing	23
Gambar 3.4 Alur Diagram Segmentasi Kasar	25
Gambar 3.5 Deteksi optic disk	27
Gambar 3.6 Alur Diagram Final Segmentasi	28
Gambar 3.7 Alur algoritma Cucko seaarch.....	30
Gambar 3.8 Tahapan Renyi Entropy Thresholding	32
Gambar 3.9 <i>Confusion</i> Matriks	33
Gambar 4.1 Citra original Fundus.....	35
Gambar 4.2 Uji Coba Ruang Warna Citra Fundus	36
Gambar 4.3 Uji Coba Morphological Top-hat dan Bottom-Hat citra fundus	37
Gambar 4.4 Uji coba optic disk removal	38
Gambar 4.5 Uji coba cuckoo search algorithm.....	40
Gambar 4.6 uji coba Cuckoo search algorithm.....	43
Gambar 4.7 Sensitivity DiaretDB01	45
Gambar 4.8 Specificity DiaretDB01	46
Gambar 4.9 Accuracy DiaretDB01	47
Gambar 4.10 Perbandingan nilai Sensitivity.....	47
Gambar 4.12 Perbandingan nilai Accuracy	49
Gambar 4.11 Perbandingan nilai Specificity	48
Gambar 4.13 Perbandingan Sensitivity dengan Beberapa Metode	49

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil nilai parameter optimal cuckoo search segmentasi awal exudates.	39
Tabel 4.2 Hasil nilai parameter optimal cuckoo search segmentasi akhir exudates.	42

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit Diabetes dapat mempengaruhi penderita dengan beberapa macam penyakit yang bisa diderita diantaranya adalah *diabetes maculopathy* yang menyebabkan berkurangnya kemampuan melihat pada penderita, *glaukoma* kerusakan pada saraf mata karena naiknya gula darah sehingga peredaran cairan di retina tidak mengalir dengan benar, *poliferatif retinopathy* yaitu penyumbatan dan pembengkakan pada saraf penting yang berada pada area retina dan *diabetic retinopathy* dimana terjadi kerusakan pada pembuluh darah yang dikarenakan naiknya gula darah sehingga dapat menyebabkan kebutaan. *Diabetic retinopathy* merupakan salah satu penyakit utama dan paling umum yang menyebabkan kebutaan yang banyak terjadi di negara berkembang.

Diabetic retinopathy dapat dilihat dengan perkembangan *microaneurysms*, *haemorrhages*, dan *exudates* pada retina. *Microaneurysms* terjadi karena pelebaran dari pembuluh kapiler retina dan muncul sebagai titik-titik bulat kecil merah dan gelap. *Haemorrhages* terjadi karena terdapat kebocoran darah pada pembuluh-pembuluh darah di area retina. *Exudates* terjadi karena terdapat *lipid* atau lemak bocor pada pembuluh darah yang abnormal. Semakin bertambahnya area perkembangan *microaneurysms*, *haemorrhages*, dan *exudates* menandakan bahwa penyakit sudah semakin parah, sehingga bisa menyebabkan kehilangan penglihatan pada penderita.

Exudates dapat menyebabkan kehilangan penglihatan, jika *exudates* telah terjadi pada area masuknya cahaya, area tersebut merupakan area paling sensitif pada retina, yaitu daerah *makula*. Karena *exudates* juga berpengaruh dalam menyebabkan hilangnya penglihatan pada penderita, maka *exudates* membutuhkan penanganan awal, sebelum menjadi semakin parah hingga menyebabkan kehilangan penglihatan.

Dilihat secara *visual*, *exudates* memiliki ciri berwarna putih kekuning-kuningan dengan berbagai ukuran, bentuk dan lokasi. Kadang terlihat secara

individual, atau dalam bentuk klaster. *Exudates* biasanya terjadi *dia* area *makula* memiliki nilai intensitas *pixel* yang hampir sama dengan *optic disk* jika diubah kedalam gambar *grayscale*, hanya dilihat secara ukuran, ukuran *exudates* lebih kecil daripada *optic disk* (Kauppi et al., 2007).

Pada penelitian sebelumnya telah ada yang mencoba untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan membangun sistem klasifikasi *diabetic retinopathy* secara otomatis. (Tjandrasa, Ariesanti, & Anggoro, 2015) Menggunakan metode *K-means Clustering*, dimana segmentasi sebelum masuk ke tahap klasifikasi menggunakan pendekatan *mathematical morphology* dan *k-means clustering*, selanjutnya diklasifikasi menggunakan tiga metode klasifikasi yang berbeda yaitu *soft margin support vector machine*, *multilayer perceptron* dan *radial basis function network*, dengan hasil akurasi klasifikasi mencapai masing-masing 89,29%, 91,07%, dan 85,71% . Metode *k-means clustering*, mengklusterkan pixel-pixel sesuai kemiripannya.

Beberapa metode diperlukan perbaikan terhadap tahapan segmentasi dari penelitian sebelumnya, agar pada tahap klasifikasi *diabetic retinopathy* yang didapatkan lebih akurat hasilnya. Secara umum metode segmentasi terbagi kedalam beberapa jenis, yaitu *global thresholding*, *local thresholding*, tepi (*edge-based*), wilayah (*region-based*), dan (*Clustering*) Klaster. Pada penelitian yang lain menggunakan kombinasi dua atau lebih metode segmentasi dapat digunakan untuk perbaikan segmentasi, diantaranya: segmentasi *exudates* menggunakan metode *fuzzy c-means clustering* dengan korelasi spasial. Metode menggunakan *fuzzy c-means* untuk mendapatkan inisial klaster awal, selanjutnya di clusterkan menggunakan korelasi spasial (Tjandrasa, Wijaya, Ariesanti, & Salyasari, 2013). Pada penelitian yang diajukan oleh (Sopharak, Uyyanonvara, Barman, & Williamson, 2008) menggunakan metode pendekatan secara morfologi dan *thresholding* memakai nilai *threshold* yang ditentukan secara *statis*, sehingga nilai *threshold* untuk semua *image* sama, pada metode morfologi tidak dapat menangani adanya *oversegmentasi* pada proses mendeteksi *exudates*, dan menggunakan nilai *threshold* secara *statis* menyebabkan *oversegmentasi* tetap dideteksi sebagai *exudates*. Sama dengan penelitian yang dilakukan oleh (A.Z. Arifin, A. Yuniarti, 2011) menggunakan pendekatan morfologi dengan menggunakan nilai *threshold*

manual sehingga sebagian image masih mendeteksi noise sebagai exudates. Pada penelitian yang lain menggunakan *thresholding* untuk segmentasi *image*, diantaranya menggunakan informasi yang terdapat pada *image* itu sendiri yang disebut dengan *entropy thresholding* diperkenalkan oleh (Kapur, Sahoo, & Wong, 1985). Kemudian diperbaharui menggunakan metode *renyi entropy thresholding*, *renyi entrophy tresholding* memiliki parameter *rho* yaitu parameter pengontrol untuk mendapatkan nilai *threshold* terbaik (Sahoo, Wilkins, & Yeager, 1997) akan tetapi menggunakan nilai *rho* secara statis masih tidak dapat menangani oversegmentasi yaitu menghasilkan nilai *threshold* yang tetap, sehingga diperlukan metode untuk membuat nilai *rho* lebih dinamis.

Agar didapatkan nilai *threshold* yang lebih optimal, metode *thresholding* dikombinasikan dengan beberapa metode, salah satu metode yang dikombinasikan dengan metode *thresholding* adalah metode optimasi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan mengkombinasikan metode *thresholding* dan optimasi. Pada penelitian (Akay, 2013; Harnmouche, Diaf, & Siarry, 2010) menerapkan beberapa metode optimasi seperti *genetic algorithm*, *particle swarm optimization*, *differential evolution*, *ant colony*, *simulated annealing* dan *tabu search* untuk melakukan optimasi pada *multilevel threshold*. Metode *genetic algorithm*, *particle swarm optimization*, dan *differential evolution* metode ini memiliki kelebihan dalam hal ketepatan, ketahanan dan konvergensi waktu daripada *ant colony*, *simulated annealing* dan *tabu search*. Dan metode *particle swarm optimization* merupakan metode yang lebih cepat dalam hal konvergensi sistem. Pada penelitian yang dilakukan (Yang & Deb, 2009b) mengusulkan metode optimasi baru yaitu metode *Cuckoo search algorithm* yang menggabungkan keduanya yaitu konvergensi sistem dan ketepatan waktu yang cepat.

Metode *cuckoo search algorithm* adalah metode optimasi yang mengikuti tingkah laku burung *cuckoo* (burung parasit) yang menggunakan sarang burung lain untuk meletakkan telur yang dikombinasikan dengan perilaku penerbangan *levy* (*levy flights*) (Yang & Deb, 2009b). Optimasi *cuckoo search algorithm* digunakan pada beberapa metode *thresholding* seperti *otsu*, *kapur's entropy* (Bhandari, Singh, Kumar, & Singh, 2014) dan *tsallis* (Suresh & Lal, 2016) nilai *threshold* yang didapatkan secara *multilevel* menghabiskan banyak waktu secara komputasi karena

metode *multilevel thresholding* melakukan optimasi untuk mendapatkan nilai optimal *threshold* untuk mengoptimalkan *objective function*, karena lamanya komputasi untuk mendapatkan nilai *threshold* yang optimal maka dilakukan pendekatan baru menggunakan optimasi *Cuckoo search* untuk pemilihan nilai *threshold* yang lebih optimal. Pada penggunaan metode *renyi entropy thresholding* nilai parameter ρ yang digunakan menggunakan nilai statis antara 0-1 sehingga nilai *threshold* yang didapatkan kurang begitu optimal.

Oleh karena itu, pada penelitian ini mengusulkan sebuah metode untuk segmentasi exudates pada citra fundus menggunakan mathematical morphology dan kombinasi renyi entropy thresholding dengan cuckoo search optimization algorithm. Metode morfologi menggunakan desain sistem yang ada pada penelitian (A.Z. Arifin, A. Yuniarti, 2011) tetapi karena pendekatan morfologi saja masih banyak mengalami oversegmentasi maka digunakan thresholding menggunakan *renyi entropy thresholding*. *Renyi entropy thresholding* adalah sebuah metode *thresholding* yang memiliki variabel pengontrol berupa (ρ) yang dapat menghasilkan nilai *threshold* yang optimal. Nilai parameter (ρ) yang penentuannya mempertimbangkan dari nilai yang didapat dari metode *Cuckoo Search Algorithm*, sehingga dengan nilai parameter ρ yang adaptif dapat dihasilkan nilai *threshold* yang lebih optimal lagi untuk mereduksi over segmentasi dari proses segmentasi *exudates*. Diharapkan penelitian ini menghasilkan segmentasi yang *robust* terhadap masalah oversegmentasi pada *exudate detection*, sebelum masuk pada tahap klasifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas perumusan masalah didapatkan sebagai berikut :

1. Bagaimana memperbaiki citra retina dengan metode *morphological enhancement*, dan mengatasi oversegmentasi pada citra *exudates* pada fundus?
2. Bagaimana menghapus komponen seperti *optic disk* dan pembuluh darah dan lain-lain yang tidak diperlukan dalam deteksi *exudates*?
3. Bagaimana melakukan segmentasi awal *exudates* menggunakan *cuckoo search algorithm* dan *renyi entropy thresholding*?

4. Bagaimana melakukan final segmentasi *exudates* menggunakan *cuckoo search algorithm* dan *renyi entropy thresholding*?
5. Bagaimana menghitung kinerja dari sistem?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada latar belakang yang dibahas dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan diambil secara online dari database fundus *DiaretDB*.
2. Dataset terdiri dari *DiaretDB0* dan *DiaretDB1*.
3. Setiap gambar bertipe png dengan ukuran 1500 x 1152.
4. Implementasi menggunakan matlab 2014.

1.4 Kontribusi Penelitian

Pada penelitian ini memiliki kontribusi untuk mengembangkan metode *renyi entropy thresholding* agar dapat menghasilkan nilai *threshold* lebih optimal dengan mengoptimalkan nilai parameter ρ pada *renyi entropy* yang ditetapkan antara rentang nilai 0-1 menjadi adaptif menggunakan pendekatan metode optimasi *cuckoo search algorithm*. Sehingga metode yang dihasilkan menjadi *renyi entropy thresholding* berdasarkan *cuckoo search algorithm*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan menggunakan *Cuckoo search algorithm-renyi entropy thresholding* diharapkan mampu menghasilkan nilai parameter ρ secara adaptif sehingga dapat dihasilkan nilai *threshold* yang lebih optimal untuk mengatasi oversegmentasi *exudates* pada citra fundus yang terdapat *exudates* sebelum masuk pada tahapan selanjutnya yaitu tahapan klasifikasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab 1. Pendahuluan

Memaparkan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, kontribusi penelitian, tujuan dan manfaat penelitian.

Bab 2. Kajian pustaka dan Dasar Teori

Menjelaskan tentang metode yang digunakan dan teori- teori pendukung dalam penelitian.

Bab 3. Metodologi Penelitian

Memaparkan dan menjelaskan tentang desain sistem serta metode yang diterapkan pada segmentasi citra fundus yang terdapat exudates.

Bab 4. Uji Coba dan Analisis Hasil

Memaparkan uji coba dan menjelaskan analisis hasil kinerja algoritma segmentasi citra citra fundus yang terdapat exudates.

Bab 5. Kesimpulan

Menguraikan kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil dari penelitian yang telah diperoleh

BAB II

DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

Pada bab II dasar teori dan kajian pustaka akan dijelaskan untuk memberikan gambaran yang jelas yang berkaitan dengan penelitian ini. Pada bab dua dibagi menjadi empat garis besar dasar segmentasi, *mathematical morphology*, *cuckoo search algorithm*, dan *renyi entropy thresholding*.

2.1 Diabetic Retinopathy

Diabetes telah menjadi salah satu ancaman kesehatan yang meningkat pesat di seluruh dunia. gambar *fundus* memiliki peran penting dalam pemantauan diabetes karena kelainan pada retina biasa terjadi dan konsekuensinya sangat serius. Namun, karena *fundus* mata sensitif terhadap penyakit *vaskular*, gambar fundus juga dianggap sebagai kandidat untuk peyeleksian penyakit *non-invasif*.

Pada diabetes tipe 1, produksi insulin di pankreas secara permanen rusak, sedangkan pada diabetes tipe 2, orang tersebut menderita peningkatan resistensi terhadap insulin. Diabetes tipe 2 adalah penyakit familial namun juga berkaitan dengan aktivitas fisik yang terbatas dan gaya hidup. *Diabetic retinopathy* adalah komplikasi *microvascular* pada penderita diabetes, menyebabkan kelainan pada *retina*, dan pada kasus umumnya terjadinya kebutaan. *Diabetic retinopathy* biasanya dimulai dengan perubahan kecil pada saraf *kapiler* di *retina*. Yang pertama kali dideteksi sebagai *abnormalitas* dengan munculnya *microaneurysms*, dimana distensi *local* dari saraf *kapiler retina* dan dapat menyebabkan munculnya *hemorrhage* ketika pecah. Tingkat keparahan penyakit diklasifikasikan sebagai *mild non-proliferative diabetic retinopathy* ketika pertama kali terjadi *microaneurysms* terlihat dimata. Pada saat itu terjadi *edema* dan *hard exudates* yang diikuti dengan kenaikan *permeabilitas* dari dinding *kapiler*. *Hard exudates* merupakan *infiltrasi lipid* ke dalam *retina*. *Hard exudates* biasanya berbentuk ireguler dan berwarna kekuning-kuningan. *Exudates* ini dapat muncul dan hilang dalam beberapa minggu, apabila dilihat dengan *angiografi fluoresein* tampak sebagai kebocoran *fluoresein* di luar pembuluh darah. Kelainan ini terutama terdiri

atas bahan-bahan *lipid* dan terutama banyak ditemukan pada keadaan *hiperlipoproteinemia* (kelebihan partikel pembawa lipid). (Kauppi et al., 2007).

2.2 CIELUV Colorspace

*CIE $L^*u^*v^*$ Colorspace* Diagram kromasitas *CIE* (*Commission Internationale de L'Eclairage*) menggunakan teori bahwa bahwa persepsi kode warna menjadi sinyal yang saling melengkapi: terang-gelap, merah-hijau, dan kuning-biru. gambar sumbu u^* *horizontal* untuk nilai-nilai warna merah dan hijau. gambar sumbu v^* vertikal adalah untuk nilai-nilai warna kuning dan biru. gambar sumbu L^* untuk nilai dari terang dan gelap, yang terletak tegak lurus terhadap bidang- u^*v^* . Gambaran visualisasi $L^*u^*v^*$ colorspace dapat dilihat pada Gambar 2.1.

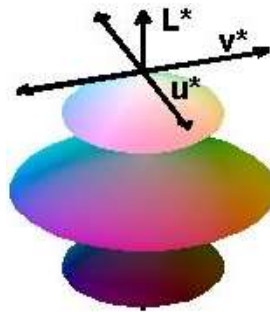
XYZ Colorspace adalah dasar dari ruang warna $L^*u^*v^*$ ini. Dengan memisalkan X_n, Y_n , dan Z_n sebagai nilai dari *koordinat XYZ* yang merujuk pada *white point* (titik putih). Terdapat beberapa *standart white point* yang dibuat oleh *CIE* (*International Commission on Illumination*). Dibawah ini merupakan persamaan untuk mencari nilai dari setiap elemen pada *colorspace* ini:

$$L^* = \begin{cases} \left(\frac{29}{3}\right)^3 \frac{Y}{Y_n}, & \frac{Y}{Y_n} \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16, & \frac{Y}{Y_n} > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad \text{persamaan (2.1)}$$

$$u^* = 13L^* \cdot (u' - u'_n) \quad \text{persamaan (2.2)}$$

$$v^* = 13L^* \cdot (v' - v'_n). \quad \text{persamaan (2.3)}$$

Nilai kuantitas dari u'_n dan v'_n adalah (u', v') koordinat *chromacity* (spesifikasi objektif dari kualitas pada warna, terlepas dari pencahayaannya) dari spesifikasi



Gambar 2.1 Visualisasi LUV Colorspace.

obyek putih, dan Y_n adalah pencahayaanya. Persamaan dari (u', v') adalah sebagai berikut:

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z} \quad \text{persamaan (2.4)}$$

$$v' = \frac{4Y}{X+15Y+3Z} \quad \text{persamaan (2.5)}$$

2.3 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan bagian dari proses pengolahan citra. Proses segmentasi citra ini merupakan suatu proses pra-pengolahan pada sistem pengenalan obyek dalam citra.

Segmentasi citra (*image segmentation*) mempunyai arti membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang *homogen* berdasarkan kriteria kemiripan tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya, kemudian hasil dari proses segmentasi ini akan digunakan untuk proses tingkat tinggi lebih lanjut yang dapat digunakan terhadap citra, misalnya proses klasifikasi citra dan proses identifikasi objek.

Adapun dalam proses segmentasi citra itu sendiri terdapat beberapa algoritma, diantaranya adalah algoritma deteksi titik, deteksi garis, dan deteksi sisi (berdasarkan operator *Robert* dan operator *Sobel*).

Gonzales dan Wintz (2006) menyatakan bahwa segmentasi adalah proses pembagian sebuah citra kedalam sejumlah bagian atau objek. Segmentasi merupakan suatu bagian yang sangat penting dalam analisis citra secara otomatis, sebab pada prosedur ini objek yang diinginkan akan disadap untuk proses selanjutnya, misalnya pada pengenalan pola.

Algoritma segmentasi didasarkan pada dua buah karakteristik nilai derajat kecerahan citra, yaitu *discontinuity* dan *similarity*.

Pada item pertama, citra dipisahkan/dibagi atas dasar perubahan yang mencolok dari derajat kecerahannya. Aplikasi yang umum adalah untuk deteksi titik, garis, area, dan sisi citra.

Pada kategori kedua, segmentasi didasarkan atas mathematical morphology, *renyi entropy thresholding*, dan *cuckoo search optimization*. Prinsip segmentasi citra bisa diterapkan untuk citra yang statis maupun dinamis.

Dengan berkembang pesatnya teknologi pengolahan citra, teknik otomatis untuk segmentasi citra *exudates* pada citra *fundus* menjadi bidang penelitian yang dibutuhkan dalam analisis citra biomedik. Sebelum melakukan diagnosis, tahap segmentasi perlu dilakukan terlebih dahulu. Sebagai salah satu tahap dalam pengolahan citra, segmentasi merupakan cara yang efektif dan efisien untuk mengamati perkembangan *exudates* pada citra *retina*. Kebutuhan tersebut mendorong para peneliti untuk mengembangkan metode segmentasi yang mampu memisahkan area *exudates* dengan area lain seperti pembuluh darah, dan *optic disk* pada citra *fundus*.

Pada penerapannya, segmentasi *exudates* pada citra fundus menemukan sebuah kekurangan maupun tantangan. Citra *fundus* yang mengandung *exudates* memiliki karakteristik yang beragam baik dari segi warna, bentuk, ukuran, letak *exudates*, maupun tekstur. Hal tersebut merupakan tantangan tersendiri sehingga memerlukan segmentasi yang dapat melakukan segmentasi secara otomatis dan tidak bisa menggunakan metode tradisional. Banyak metode segmentasi telah dilakukan untuk mengatasi tantangan tersebut. Berbagai metode tersebut juga diharapkan memiliki ketahanan terhadap *noise* pada citra. Metode *thresholding* merupakan metode yang banyak digunakan untuk segmentasi citra, salah satunya metode *renyi entropy thresholding* (Adel, Shareha, Rajeswari, & Ramachandram, 2008).

2.4 Metode Segmentasi

Subbab ini akan menjelaskan mengenai jenis-jenis metode segmentasi yang dipakai dalam melakukan penelitian ini. Metode-metode tersebut adalah teknik morfologi, *renyi entropy thresholding*, dan *cuckoo search algorithm*.

2.4.1 Teknik Morfologi

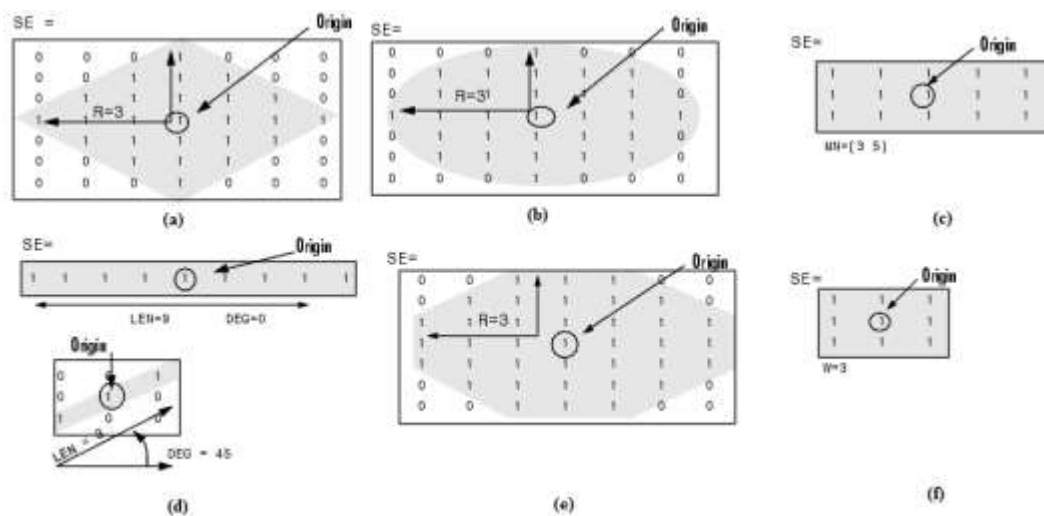
Teknik morfologi merupakan teknik yang berhubungan dengan bentuk. Pada citra digital mengandung piksel-piksel yang membentuk sekumpulan data dalam struktur dua dimensi. Tujuan operasi morfologi pada citra *biner* adalah untuk memperbaiki bentuk objek agar menghasilkan fitur-fitur yang lebih akurat ketika dilakukan analisis terhadap objek. Operasi dasar yang terdapat pada teknik morfologi adalah dilasi dan erosi (Ahmad, 2005).

Operasi morfologi menggunakan bentuk *structuring element* (SE) yang dioperasikan pada citra masukan untuk memperoleh citra keluaran yang diinginkan. *structuring element* merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam operasi morfologi citra dengan matriks *biner* yang bernilai 1 dan 0 dengan bentuk dan ukuran tertentu. Titik tengah pada *structuring element* disebut dengan *origin* yang menjadi pusat matriks *structuring element*. Bentuk *structuring element* bermacam-macam yaitu *diamond*, *disk*, *line*, *octagon*, *rectangle*, *square*, *cube*, *cuboid*, *sphere*, dan *arbitrary*, semua macam-macam *structuring element* tersebut tersedia pada matlab. Contoh ilustrasi *structuring element* ditunjukkan pada Gambar 2.2.

1. Operasi Dilasi dan Erosi

Operasi dilasi merupakan operasi penebalan, sedangkan operasi erosi merupakan operasi penipisan. Jika terdapat himpunan piksel A dan B , maka dilasi A oleh B dinotasikan sebagai $A \oplus B$. Sedangkan erosi A oleh B dinotasikan sebagai $A \ominus B$ (Sianipar, 2013). Ilustrasi efek dilasi dengan *hotspot vertikal* dan ilustrasi efek erosi ditunjukkan pada Gambar 2.2 (Abdul Kadir, 2013).

Hubungan antara operasi dilasi dan erosi merupakan operasi yang saling berkebalikan satu sama lain. Sama halnya dengan operasi *opening* adalah operasi erosi yang diikuti dengan dilasi dengan menggunakan elemen penstruktur yang



Gambar 2.2 Strel (a) *diamond*, (b) *disk*, (c) *rectangle*, (d) *line*, (e) *octagon*, (f) *square*

sama. Operasi ini berguna untuk menghaluskan kontur objek dan menghilangkan seluruh piksel di area yang terlalu kecil untuk ditempati oleh elemen penstruktur. Dengan kata lain, semua struktur latardepan yang berukuran lebih kecil daripada elemen penstruktur akan tereliminasi oleh erosi dan kemudian penghalusan dilakukan melalui dilasi (Abdul Kadir, 2013). Persamaan operasi *opening* seperti berikut:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B. \quad \text{persamaan (2.6)}$$

Operasi *closing* berguna untuk menghaluskan kontur dan menghilangkan lubang-lubang kecil. Definisinya seperti berikut:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B. \quad \text{persamaan (2.7)}$$

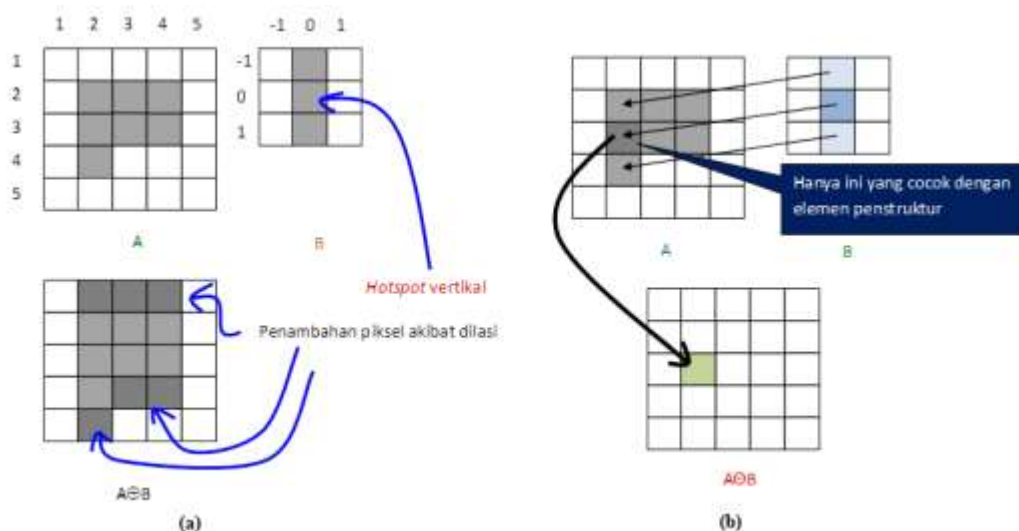
Jadi, operasi *closing* dilaksanakan dengan melakukan operasi dilasi terlebih dahulu dan kemudian diikuti dengan operasi erosi (Abdul Kadir, 2013).

2. *Opening dan Closing*

Ekspresi untuk *opening* dan *closing* citra *grayscale* mempunyai bentuk yang sama dengan pasangan binernya (Prasetyo Eko, 2011). Opening citra f oleh strel b dinyatakan $f \circ b$, dinotasikan dengan:

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b. \quad \text{persamaan (2.8)}$$

Sebagaimana sebelumnya, *opening* adalah erosi f oleh b , diikuti dilasi hasilnya dengan b . *Closing* f oleh b dinyatakan $f \bullet b$ dinotasikan dengan :



Gambar 2.3 Dilasi dan Erosi.

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b. \quad \text{persamaan (2.9)}$$

Opening dan *closing* untuk citra *grayscale* adalah dualitas dengan komplemen dan refleksi *strel*:

$$(f \bullet b)^c = f^c \circ \hat{b}, \quad \text{persamaan (2.10)}$$

dan

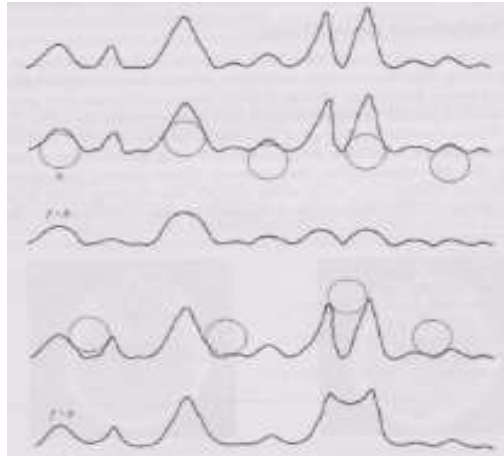
$$(f \circ b)^c = f^c \bullet \hat{b}. \quad \text{persamaan (2.11)}$$

Karena $f^c = -f(x, y)$, persamaan dualitas *closing* dapat dituliskan $-(f \bullet b) = (-f \circ b)$, demikian juga untuk dualitas *opening*.

Opening dan *closing* citra mempunyai interpretasi geometri yang sederhana. Andaikan fungsi citra $f(x, y)$ ditampilkan sebagai permukaan 3-D, maka nilai intensitas diinterpretasikan sebagai nilai ketinggian dari sumbu xy [Gambar 2.4 (baris pertama)]. *Opening* f oleh b dapat diinterpretasikan secara geometris dengan mendorong *strel* keatas dari bawah permukaan f . Pada setiap lokasi origin b , *opening* adalah nilai tertinggi yang dicapai oleh sembarang bagian dari b sebagai pengangkatan dari bawah permukaan f . *Opening* yang lengkap adalah himpunan semua nilai yang didapatkan oleh kunjungan origin b disetiap koordinat (x, y) dari f .

Gambar 2.4 mengilustrasikan dalam konsep satu dimensi. Andaikan bahwa kurva pada Gambar 2.4 (baris pertama) adalah profil intensitas sepanjang baris tunggal citra. Gambar 2.4 (baris kedua) menampilkan *strel* flat dalam berbagai posisi, mendorong kurva keatas dari bawah permukaan kurva. Kurva solid pada Gambar 2.4 (baris ketiga) adalah *opening* yang sudah selesai. Karena *strel* terlalu besar untuk mengisi lubang puncak kurva maka bagian puncak yang tidak dapat dicapai *strel* dipotong oleh *opening*. Secara umum, *opening* digunakan untuk menghilangkan detail kecil dan terang, meninggalkan semua level intensitas dan fitur yang lebih besar dan terang relatif tidak berubah.

Gambar 2.4 (baris keempat) adalah ilustrasi geometris *closing*. Disini, *strel* didorong kebawah dari atas kurva, kemudian digerakkan ke semua lokasi. Hasil *closing* ditunjukkan pada Gambar 2.4 (baris kelima), dibentuk dengan mencari titik terendah yang dicapai oleh sembarang bagian *strel*.



Gambar 2.4 Ilustrasi geometris opening dan closing citra grayscale

3. Transformasi *Top-Hat* dan *Bottom-Hat*

Mengkombinasikan pengurangan citra dengan *opening* dan *closing* akan menghasilkan transformasi *top-hat* dan *bottom-hat*. Transformasi *top-hat* citra grayscale f didefinisikan sebagai f dikurangi hasil *opening*

$$T_{hat}(f) = f - (f \circ b). \quad \text{persamaan (2.12)}$$

Sedangkan transformasi *bottom-hat* didefinisikan sebagai *closing* f dikurangi dengan f

$$B_{hat}(f) = (f \bullet b) - f. \quad \text{persamaan (2.13)}$$

Satu aplikasi pokok dari transformasi ini adalah menghilangkan obyek dari citra dengan menggunakan strel dari operasi *opening* dan *closing* dimana obyek tidak boleh dilepaskan. Perbedaan dari kedua operasi adalah citra dimana hanya terdapat sisa dari komponen yang dibuang. Transformasi *top-hat* digunakan untuk obyek terang pada *background* gelap, sedangkan transformasi *bottom-hat* digunakan untuk obyek gelap pada *background* terang. Untuk alasan ini, nama *white top-hat* dan *black top-hat* sering digunakan mereferensikan pada kedua transformasi ini.

Penggunaan penting dari transformasi *top-hat* adalah memperbaiki efek *illumination* yang tidak *uniform*, karena *illumination* yang baik (*uniform*) memainkan peran penting dalam proses pengekstrakan obyek dari *background*. Proses ini yang disebut dengan *segmentation*.

Transformasi ini berguna untuk mendapatkan bentuk global suatu objek yang mempunyai intensitas yang bervariasi. Sebagai contoh, perhatikan Gambar 2.5(a). Pada citra tersebut, butiran-butiran nasi memiliki intensitas yang tidak seragam. Melalui *opening*, diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 2.5(b). Hasil transformasi *Top-Hat* ditunjukkan pada Gambar 2.5(c). Perhatikan bahwa hasil butiran nasi pada Gambar 2.5(c) terlihat memiliki intensitas yang lebih seragam dibandingkan pada citra asal.

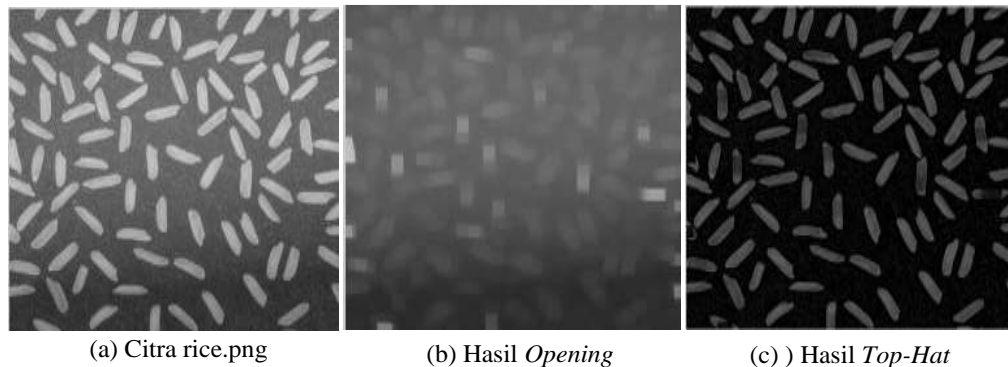
Rekonstruksi morfologi merupakan transformasi morfologi yang melibatkan dua citra dan sebuah *structuring element*. Satu citra sebagai marker merupakan titik awal untuk melakukan transformasi. Sedangkan satu citra yang lain digunakan sebagai mask, yaitu batasan dari transformasi. *Structuring element* digunakan untuk mendefinisikan hubungan antar kedua citra tersebut. Jika p merupakan citra mask dan q merupakan citra marker, maka rekonstruksi citra p dari q dinotasikan sebagai $R_p(q)$ yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Inisialisasi h_1 sebagai citra marker q
2. Membuat sebuah *structuring element* B
3. Mengulangi $h_{k+1} = (h_k \oplus B) \cap p$, sampai dengan $h_{k+1} = h_k$

Dimana marker q merupakan subset dari citra p .

2.4.2 Renyi Entropy Thresholding

Entropi adalah istilah yang diperkenalkan oleh *Shannon*, yang menyatakan sebuah ukuran informasi yang terkandung di dalam citra (*Kapur et al.*, 1985).



Gambar 2.5 Transformasi Top-Hat menggunakan elemen penstruktur berukuran 9x9 berbentuk cakram.

Entropi telah digunakan dalam peng-ambangan (*thresholding*) untuk memperoleh nilai ambang (*threshold*) yang optimal. *Kapur, Sahoo*, dan *Wang* memperkenalkan penggunaan entropi dalam peng-ambangan (*thresholding*) di tahun 1985 (*Acharya dan Ray, 2005*) (*Kapur et al., 1985*). Namun, sesungguhnya *Kapur dkk.* mengemukakan metode yang diusulkan tersebut sebagai koreksi terhadap artikel yang ditulis oleh peneliti bernama *Pun*, yang dipublikasikan pada tahun 1980 (*Demirkaya, 2009*).

Metode peng-ambangan (*thresholding*) berbasis entropi yang dikemukakan oleh *Kapur dkk.* dapat dijelaskan sebagai berikut. Misalkan, f_1, f_2, \dots, f_n adalah frekuensi pada citra beraras keabuan. Maka,

$$p(i) = \frac{f_i}{N}, \quad \sum_{i=0}^{L-1} f_i = N, \quad i = 0.1.2. \dots L-1, \quad \text{persamaan (2.14)}$$

Dalam hal ini, N adalah jumlah piksel citra, dan L menyatakan jumlah aras keabuan. Selanjutnya, apabila t adalah nilai ambang (*threshold*), entropi latar belakang adalah:

Peng-ambangan (*thresholding*) berbasis entropi yang lain dikemukakan oleh *Renyi* (*Acharya dan Ray, 2005*). Rumus yang digunakan seperti berikut:

$$H_b(t) = \frac{1}{1-\rho} \ln \left[\sum_{i=0}^t \left(\frac{p(i)}{P_b(t)} \right)^\rho \right], \quad \text{persamaan (2.15)}$$

dan entropi objek adalah:

$$H_o(t) = \frac{1}{1-\rho} \ln \left[\sum_{i=t+1}^{L-1} \left(\frac{p(i)}{1-P_o(t)} \right)^\rho \right], \quad \text{persamaan (2.16)}$$

Dalam hal ini,

$$P_b(t) = \sum_{i=0}^t p(i), \quad P_o(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p(i). \quad \text{persamaan (2.17)}$$

Jumlah H_b dan H_o dinyatakan dengan $\psi(t)$. Jadi,

$$\psi(t) = \frac{1}{1-\rho} \ln \left[\sum_{i=0}^t \left(\frac{p(i)}{P_b(t)} \right)^\rho \right] + \frac{1}{1-\rho} \ln \left[\sum_{i=t+1}^{L-1} \left(\frac{p(i)}{1-P_o(t)} \right)^\rho \right] \quad \text{persamaan (2.18)}$$

dengan rumus lebih singkatnya sebagai berikut:

$$\psi(t) = H_b(t) + H_o(t) \quad \text{persamaan (2.19)}$$

Notasi yang digunakan pada Persamaan $\psi(t)$ sama seperti rumus yang digunakan pada entropi *Kapur*. Parameter ρ berguna untuk memperoleh nilai ambang (*threshold*) terbaik.

2.4.3 Cuckoo Search Algorithm

Cuckoo search algorithm merupakan metode optimasi yang meniru kebiasaan burung *cuckoo*, yang bertelur di sarang burung lain dan meninggalkan telurnya pada sarang inang tersebut (Yang & Deb, 2009a). Terdapat tiga tahap sederhana dari metode *cuckoo search algorithm*:

- Satu telur akan diletakkan setiap saat oleh masing-masing *cuckoo* di setiap sarang yang dipilih secara acak.
- Sarang yang memiliki kualitas telur terbaik dibawa ke generasi yang akan datang atau ke generasi selanjutnya.
- Probabilitas spesies inang(burung asli) yang menemukan telur cuckoo dengan probabilitas 0 dan 1, $p_a \in [0, 1]$ dan Dan jumlah sarang tetap.

Di alam, hewan mencari makan secara random. Secara umum, alur mencari makanan dari hewan secara efektif itu secara random karena, perpindahan selanjutnya itu berdasarkan keduanya yaitu, lokasi awal/semula dan kemungkinan transisi ke lokasi selanjutnya.

Pemilihan jalur secara implisit tergantung pada *probability* kemungkinan, yang bisa dimodelkan secara matematis.

Objective function yang digunakan menggunakan objective function yang digunakan untuk mendapatkan nilai optimal.

$$x_i = \Gamma_{0,5} + f(x_{i-1})(\Gamma_{0,5} - \Gamma_{0,1}) \quad \text{persamaan (2.20)}$$

Ketika untuk generate solusi baru $x_i^{(t+1)}$ dimisalkan sebuah burung *cuckoo* adalah i dan rumus **Lévy** flight di tunjukkan sebagai berikut :

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \alpha \oplus \text{Lévy}(\lambda), \quad \text{persamaan (2.21)}$$

Dimana nilai t merupakan banyaknya iterasi, x_i adalah posisi cuckoo awal, $\alpha > 0$, tetapi pada banyak kasus, nilai $\alpha = 1$ dapat digunakan. Hasil kali (*product*) \oplus adalah multiplikasi bertahap(*entrywise multiplications*) dan λ merupakan bilangan lamda.

Lévy flight pada dasarnya menyediakan alur secara acak sementara panjang langkah secara acak diambil dari distribusi **Lévy** sebagai berikut:

$$\text{Lévy} \sim u = t^{-\lambda}, \quad (1 < \lambda \leq 3), \quad \text{persamaan (2.22)}$$

Lévy flight adalah *random walk* yang menggunakan (*step-length*) didistribusikan berdasarkan pada distribusi probabilitas (*heavy-tailed*).

Setelah sejumlah besar langkah, jarak dari asal (*origin*) dan *random walks* cenderung berdistribusi stabil.

Langkah-langkah *Cuckoo search algorithm* (Yang & Deb, 2009a)

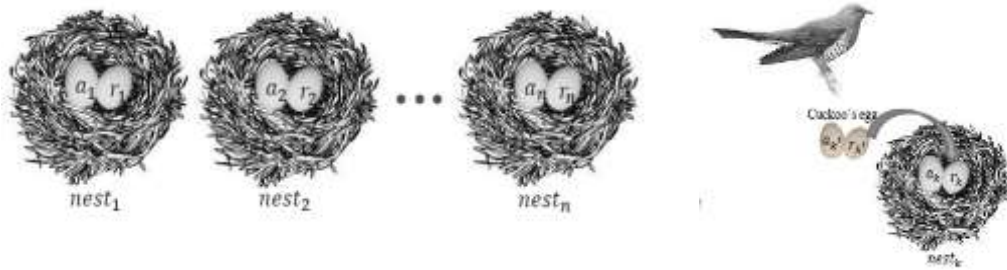
1. *Generate* populasi awal dari n sarang burung asli (*host nest*) seperti pada Gambar 2.6 (a) jumlah *nest* terdiri dari $nest_1, nest_2$ hingga $nest_n$. Dengan $(\mathbf{a}_i, \mathbf{r}_i)$ adalah kandidat untuk optimal parameter.
2. Telurkan telur $(\mathbf{a}_k, \mathbf{r}_k)$ didalam k *nest* seperti pada Gambar 2.6 (b) nilai $(\mathbf{a}'_k, \mathbf{r}'_k)$ merupakan nilai optimal *cuckoo* yang disisipkan pada *nest* inang. Setiap satu *nest* hanya terdapat satu telur *cuckoo*.

- k *nest* dipilih secara *random*
- telur burung *cuckoo* sangat mirip dengan telur burung asli

Dimana : $\mathbf{a}'_k = \mathbf{a}_k + \text{random walk}(\text{lévy flight}) \mathbf{a}_k$

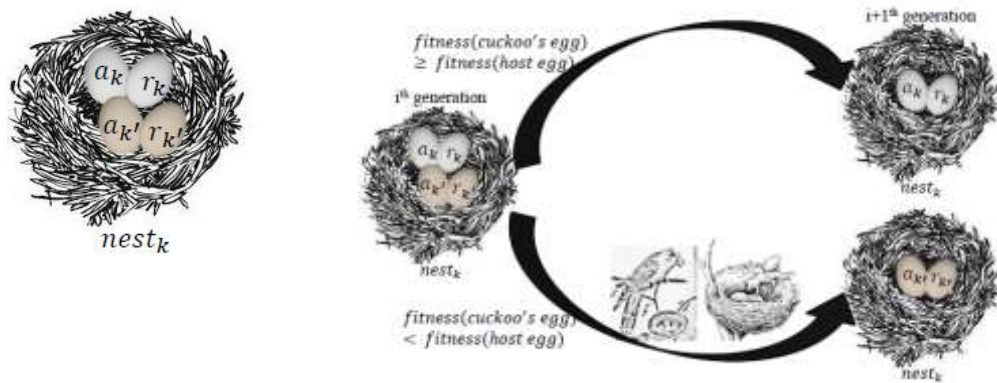
$$\mathbf{r}'_k = \mathbf{r}_k + \text{random walk}(\text{lévy flight}) \mathbf{r}_k$$

3. Bandingkan *fitness* telur *cuckoo* dengan *fitness* dari telur sarang burung asli seperti pada Gambar 2.6 (c), dimana pada $nest_k$ nilai \mathbf{a}'_k merupakan *fitness function* dari *cuckoo* dan \mathbf{a}_k merupakan *fitness function* dari sarang inang.
4. Jika nilai *fitness* dari telur *cuckoo* lebih baik daripada telur sarang burung, gantikan telur sarang k dengan telur *cuckoo* seperti pada Gambar 2.6 (d) dimana $i + 1^{th}$ *generation* merupakan generasi optimal yang didapatkan pada *cuckoo*.
5. Jika burung asli (*host*) mengetahui telur asing (*cuckoo*), *nest* di buang /ditinggalkan dan membuat sarang baru. ($p < 0,25$) untuk menghindari optimasi lokal. Ulangi iterasi langkah 2 sampai 5 hingga jumlah iterasi selesai.



(a) Alur cuckoo 1

(b) Alur cuckoo 2



(c) Alur cuckoo 3

(d) Alur cuckoo 4

Gambar 2.6 Alur cuckoo search

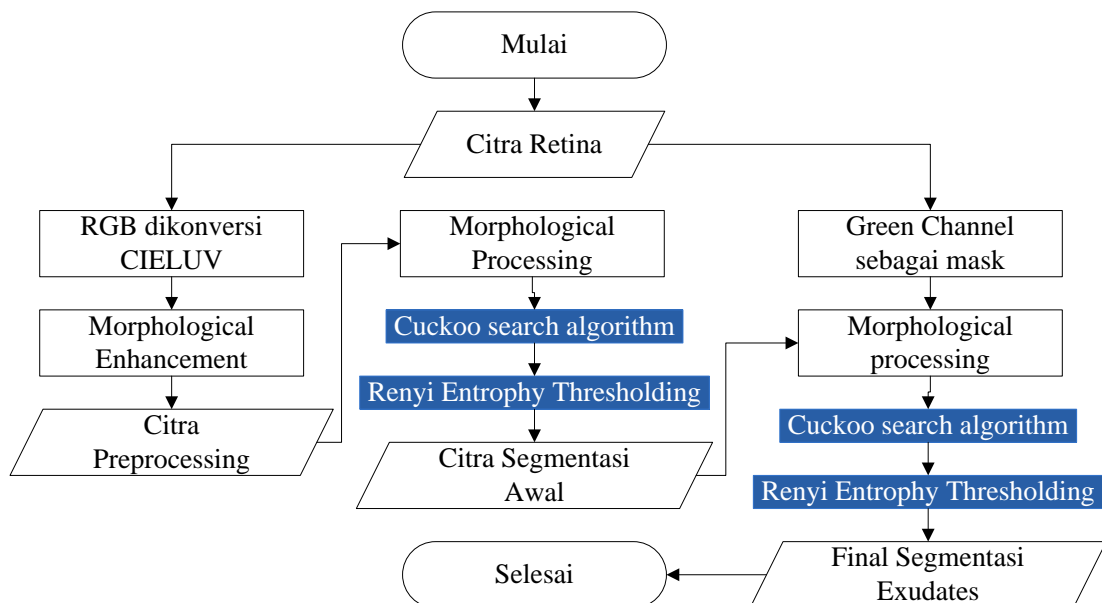
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian menjelaskan desain sistem yang akan dibangun di dalam penyusunan tesis ini. Desain sistem secara umum mengenai kontribusi penelitian segmentasi exudates pada fundus dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Pada desain sistem merujuk pada penelitian (A.Z. Arifin, A. Yuniarti, 2011) pada tahapan preprocessing dengan memperbaiki pada tahap *morphological enhancement* dengan mengkombinasikan operasi *bottom-hat* dan *top-hat* juga memperbaiki pada tahapan segmentasi awal pada tahapan H-max transform menggunakan 8 ketetanggaan agar menghasilkan blok-blok yang lebih sedikit. Pada Gambar 3.1 dimulai dengan input citra fundus berwarna RGB (red green blue), citra fundus dilakukan proses preprocessing dengan mengubah citra berwarna RGB menjadi ruang warna $CIE L^*u^*v^*$ tetapi hanya L^* (*Lightness*) channel yang akan di pilih untuk diproses selanjutnya, citra L^* channel dilakukan proses *morphological contrast enhancement* untuk meningkatkan nilai *contrast* dari citra. Pada tahap selanjutnya citra akan di proses menggunakan transformasi morfologi untuk segmentasi exudates awal berupa mencari *regional minima*, *h-max transform*,



Gambar 3.1 Desain Sistem

subtract, dan *reconstruct image* hingga pada tahap akhir dilakukan *cuckoo search algorithm* untuk menemukan nilai optimal dari parameter yang digunakan pada *renyi entropy thresholding* untuk di proses pada entropi thresholding. Segmentasi awal dilakukan penghapusan *optic disk* karena *optic disk* memiliki nilai pixel yang sama dengan *exudates*, penghapusan area *optic disk* bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi dari segmentasi *exudates*. Tetapi pada tahap segmentasi awal masih terdapat oversegmentasi pada area terang, sehingga tahap final segmentasi menggunakan mask dari citra *green channel* yang didapat dari *RGB input image* selanjutnya dilakukan proses *subtract* dengan hasil segmentasi awal kemudian dilakukan proses *thresholding renyi entropy thresholding* dan *cuckoo search algorithm* untuk mendapatkan parameter *rho* adaptif yang digunakan pada *renyi entropy thresholding*. Terakhir *post preprocessing* untuk menghilangkan artifak kecil yang tersisa hingga benar-benar menghasilkan citra tersegmentasi yang dapat mengestraksi kontur objek *exudates* dari citra fundus.

3.1 Sampel Citra Fundus

Total citra yang digunakan di dalam penelitian ini sebanyak 89 sampel berupa citra PNG dengan ukuran 1500x1152 piksel. Sampel citra fundus ditunjukkan pada Gambar 3.2. Gambar yang digunakan dapat diakses secara gratis melalui online yang memiliki linsensi dibawah lisensi DiaretDb. Terdapat dua macam database yaitu DiaretDb0 dan DiaretDb1 tetapi yang digunakan pada penelitian hanya DiaretDb1



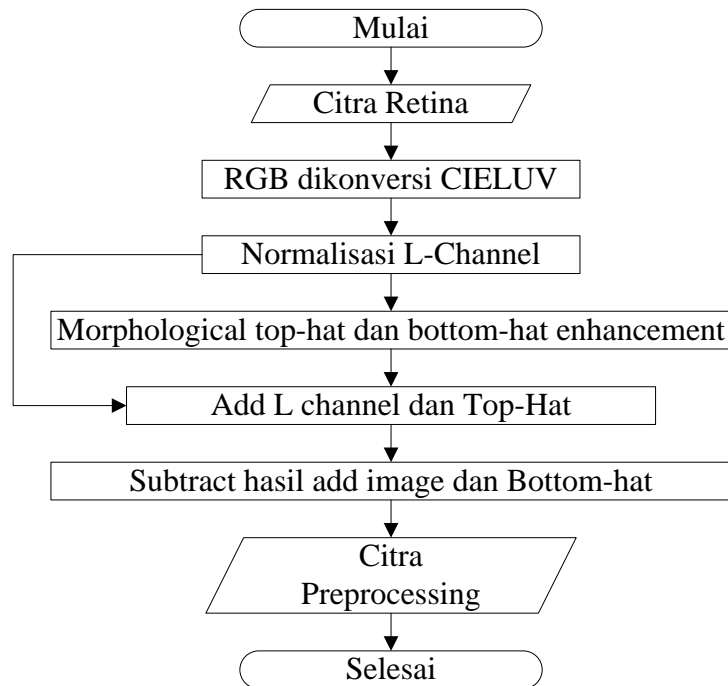
Gambar 3.2 Sampel citra fundus with exudates (Kauppi et al., 2007)

3.2 Preprocessing Citra Fundus

Total citra yang digunakan di dalam penelitian ini sebanyak 89 sampel berupa citra PNG dengan ukuran 1500x1152 piksel. Sampel citra fundus ditunjukkan pada Gambar 3.2

Pada tahap preprocessing terdapat tiga tahap, tahap pertama adalah mengkonversi citra dari RGB (red green blue) channel menjadi CIEL^{*}u^{*}v^{*} Channel dimana hanya pada bagian L^{*} channel yang akan di proses untuk tahap selanjutnya L^{*} channel di pilih karena memiliki nilai kontras yang lebih baik daripada u^{*} channel dan v^{*} channel. Setelah itu dilakukan proses normalisasi citra, untuk menghilangkan iluminasi pada citra fundus.

Selanjutnya akan dilakukan proses *contrast enhancement* menggunakan *morphological contrast enhancement*. Proses *enhancement* menggunakan gabungan transformasi *top-hat* dan *bot-hat*, fungsi *contrast enhancement* untuk meningkatkan nilai kontras antara piksel gelap dan piksel terang pada citra fundus $f_1 = L + Y_{TH}(L) - \Phi_{TH}(L)$ dengan $Y_{TH}(L)$ adalah *top-hat filter* dan $\Phi_{TH}(L)$ adalah *bot-hat filter* terdapat perbedaan pada tahapan *preprocessing* yaitu menambahkan



Gambar 3.3 Alur Diagram Preprocessing

menggunakan kombinasi *top-hat* dan *bottom-hat*. ditunjukkan seperti pada Gambar 3.3.

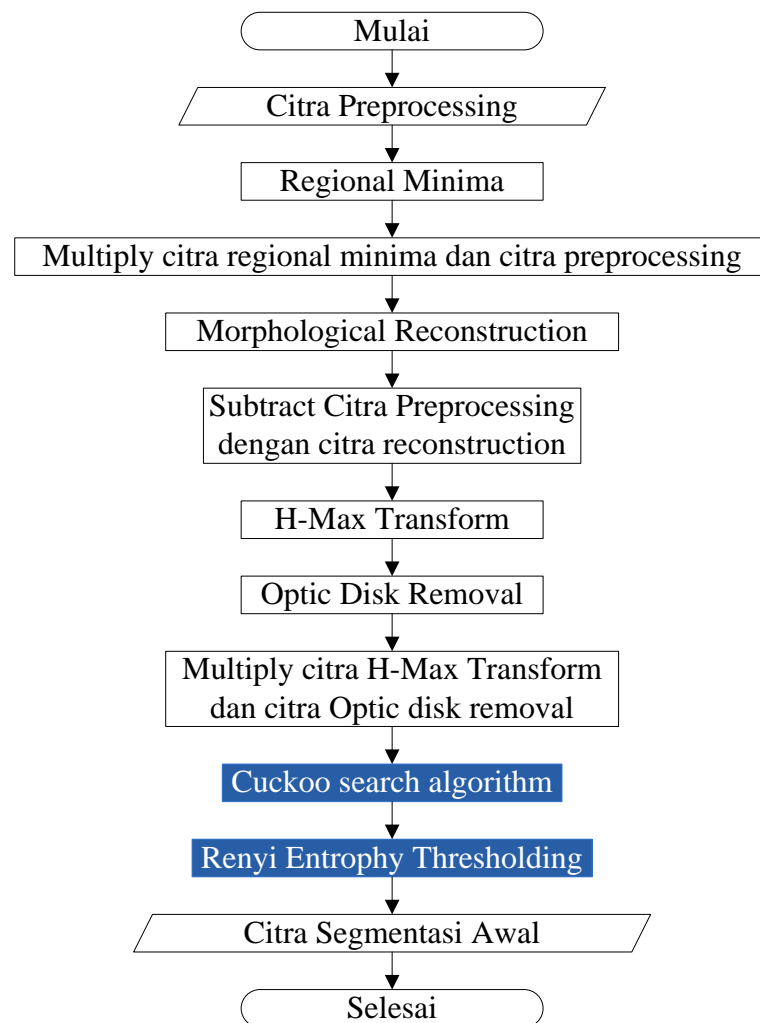
3.3 Segmentasi Kasar Citra Fundus

Pada tahap segmentasi kasar atau segmentasi awal citra fundus ditunjukkan seperti pada Gambar 3.4 pada tahapan *H-max transform* dengan menggunakan 8 ketentangan untuk menghasilkan blok-blok *exudates* yang lebih sedikit. Segmentasi awal dari deteksi *exudates input image* didapatkan dari hasil *image preprocessing*. Kemudian dilakukan proses *regional minima* untuk menghapus yang bukan area dari *exudates* seperti pembuluh darah, *hemorrhage* dan lainnya, karena area pembuluh darah maupun *hemorrhage* dideteksi sebagai area lebih gelap daripada *exudates* yang merupakan area terang. Proses *regional minima* akan menghasilkan sebuah *citra grayscale* dengan setiap piksel pada citra hasil *preprocessing* yang mempunyai intensitas lebih kecil atau sama dengan piksel tetangganya akan ditampilkan (piksel terang), selain itu piksel akan dibuat menjadi nol. $RegMin(f_1) = R_{f_1}(f_1 + 1) - f_1$. Dengan, $R_{f_1}(f_1 + 1)$ adalah *reconstruction by erosion* menggunakan f_1 sebagai citra *mask* dan $(f_1 + 1)$ sebagai citra *marker*. Dengan mendeteksi *regional minima* pada citra hasil *preprocessing*, akan menghapus area cerah yang berpotensi berkaitan dengan *exudates*. *regional minima* dapat mengidentifikasi *foreground* dan *background* dari citra hasil *preprocessing* dengan memperkirakan *foreground* adalah piksel citra yang lebih cerah (yaitu *exudates*) dan *background* adalah semua sisa piksel image yang lebih gelap dari *exudates* (yaitu: pembuluh darah dan *hemorrhage*).

Kemudian, area *background* dapat diperkirakan dengan menggunakan sebuah operasi *morphological reconstruction by dilation*. Operasi ini menggunakan citra hasil *preprocessing* sebagai citra *mask* dan citra hasil *regional minima* sebagai citra *marker*. Sehingga citra yang dihasilkan hanya citra berupa area cerah saja yaitu *exudates*.

Tahap selanjutnya adalah mengurangi (*subtract*) image hasil *preprocessing* dengan image hasil *reconstruction by dilation* sehingga dihasilkan citra yang berupa citra tanpa *background* yaitu citra tanpa pembuluh darah dan

hemorrhage. Setelah itu dilakukan operasi *H-maxima transformation* yang diterapkan pada citra hasil operasi pada pengurangan antara citra *preprocessing* dan citra hasil dari operasi *reconstruction by dilation*. Daerah *maxima* menghubungkan komponen piksel dengan nilai intensitas konstan, dan semua piksel batas bagian luar memiliki nilai lebih rendah, dengan 8 konektifitas untuk menghasilkan blok-blok area yang lebih sedikit. Selanjutnya dilakukan operasi *optic disc removal* untuk menghapus area optic disk, karena optic disk memiliki nilai intensitas piksel yang hampir sama dengan exudates pada area *grayscale*, sehingga optic disk harus dihapus agar tidak mengurangi nilai akurasi dari *exudates*.



Gambar 3.4 Alur Diagram Segmentasi Kasar

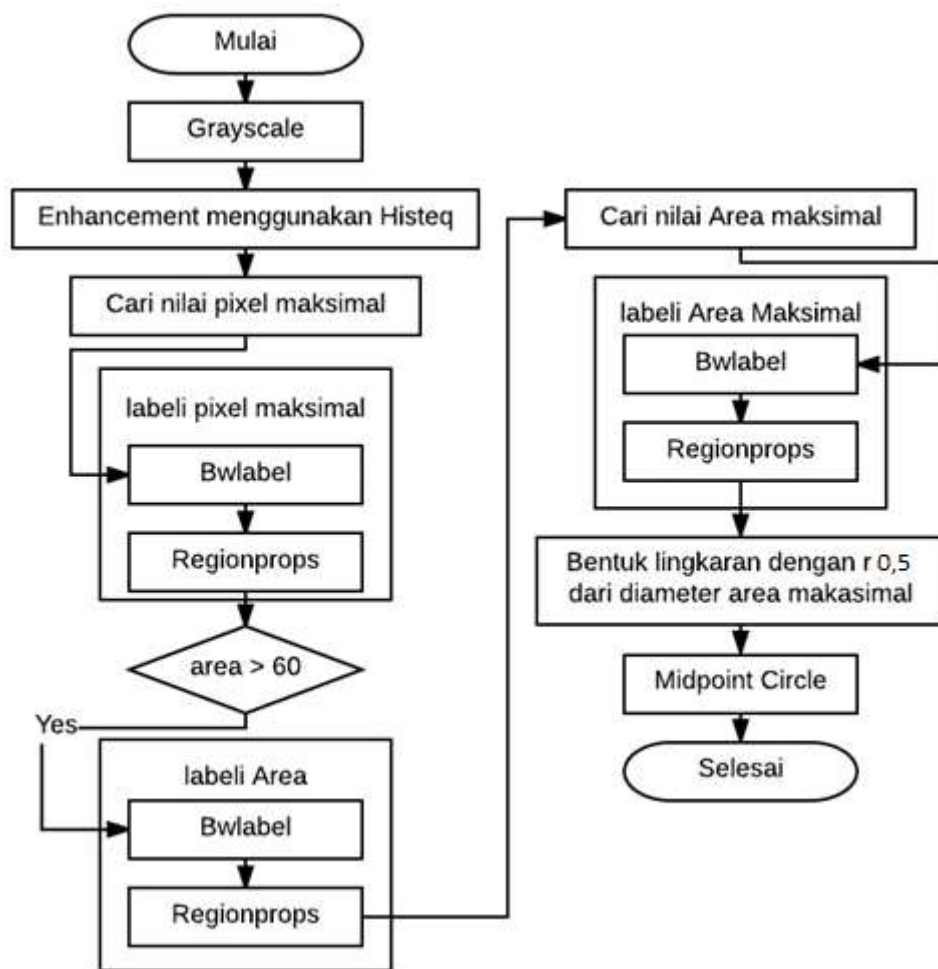
Kemudian melakukan operasi *multiply* citra hasil *H-max transform* dengan citra hasil *optic disk removal* dengan operasi ini maka area yang dihasilkan hanya area cerah saja tanpa optic disk. Setelah itu dilakukan *thresholding* menggunakan *renyi entropy thresholding* untuk membagi area *foreground* (obyek) dan *background*, *renyi entropy thresholding* memiliki parameter pengontrol berupa parameter rho (ρ) parameter ρ merupakan parameter pengontrol untuk mendapatkan nilai *threshold* optimal, parameter ρ bernilai antara 0-1 sehingga agar nilai parameter tidak ditentukan secara statis akan dilakukan optimasi parameter ρ agar nilai yang didapatkan lebih adaptif menggunakan *cuckoo search optimization algorithm*. *Cuckoo search optimization algorithm* menggunakan *objective function* $f(x_i) = \Gamma_{0,5} + f(x_{i-1})(\Gamma_{0,5} - \Gamma_{0,1})$ yang digunakan sampai didapatkan nilai rho ρ paling optimal. Pada tahapan segmentasi awal cuckoo search dan renyi entropy thresholding digunakan untuk mengurangi over segmentasi, karena setelah proses morfologi banyak area yang dideteksi sebagai area exudates akan tetapi bukan exudates. Tetapi pada tahapan segmentasi awal belum mensegmentasi area exudates yang nilai intensitas pixelnya lebih terang dari optic disk dan area luasannya lebih kecil dibandingkan optic disk, karena area ini telah dilakukan penghapusan pada saat optic disk removal.

3.4 Optic Disc Removal

Tahapan untuk menghapus *optic disk* ditunjukkan diagram pada Gambar 3.5. pada tahapan optic disk removal menggunakan citra input yang dikonversi pada grayscale channel, channel grayscale dianggap cukup optimal untuk digunakan pada proses penghapusan area optic disk. Dari grayscale area dilakukan enhancement untuk meningkatkan kualitas citra. Setelah dari proses enhancement dilakukan proses untuk mendapatkan nilai pixel paling maksimal, (nilai pixel paling terang), setelah didapatkan nilai pixel paling maksimal kemudian dilakukan pelabelan untuk melabeli pixel paling maksimal. Proses pelabelan paling maksimal dilakukan dengan melakukan proses *bwlabel* pada pixel maksimal setelah itu dilakukan *regionprops* untuk mendapatkan area dari pixel maksimal, dari area yang didapatkan kemudian dicari area yang lebih besar dari besaran 60. Area yang

didapatkan kemudian diberi label dengan melakukan proses *bwlabel* pada area yang didapatkan dan setelah itu dilakukan proses *regionprops* untuk mendapatkan area tersebut.

Tahapan selanjutnya adalah mencari area maksimal, setelah didapatkan area maksimal kemudian melakukan penggabungan pada area maksimal dengan jarak ≤ 7 area yang kurang dari itu akan digabung menjadi satu area. Selanjutnya area yang didapatkan dilakukan proses pelabelan menggunakan proses *bwlabel* dan *regionprops* untuk mendapatkan area maksimal dan nilai centroid pada area maksimal untuk selanjutnya dilakukan proses menghitung nilai jari-jari yang akan digunakan pada perhitungan *midpointcircle*, jari-jari didapatkan dengan nilai 0,5 dikalikan dengan diameter dari area maksimal. Selanjutnya menghitung *midpointcircle* untuk membuat area lingkaran pada area optic disk.

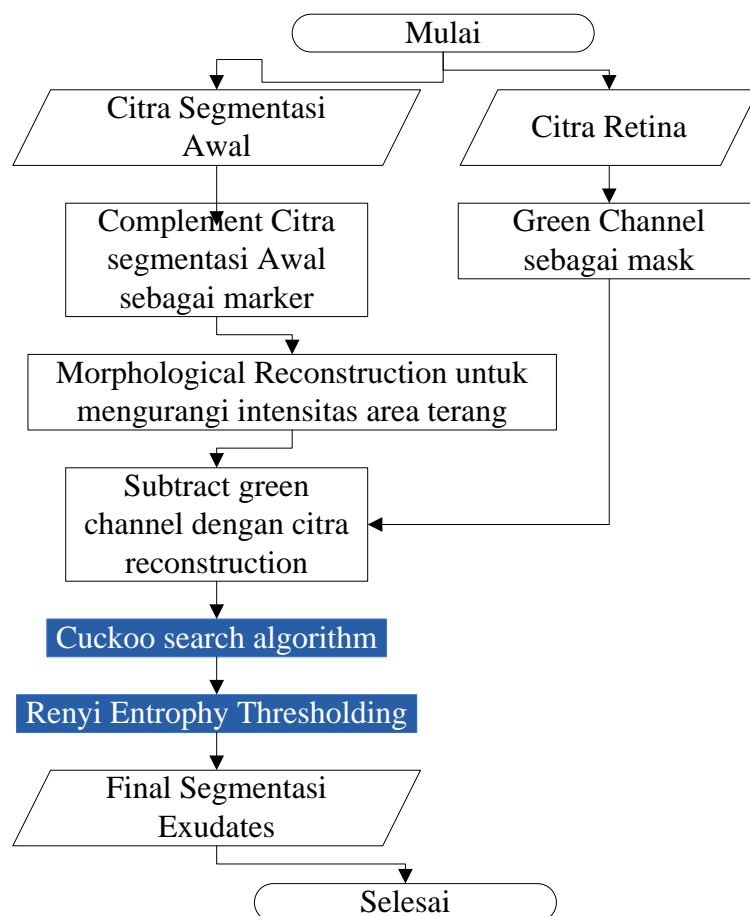


Gambar 3.5 Deteksi optic disk

3.5 Final Segmentasi

Alur tahap Final segmentasi citra fundus ditunjukkan seperti pada Gambar 3.6. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan hasil akurasi dari deteksi exudates karena pada segmentasi tahap awal masih terdapat oversegmentasi pada citra output. Tahap pertama, citra input didapatkan dari citra segmentasi awal dan citra retina asli yang diambil bagian green channelnya saja.

Citra segmentasi awal dilakukan proses complement terlebih dahulu, selanjutnya hasil complement digunakan sebagai citra marker, selanjutnya dilakukan proses morphological reconstruction untuk mengurangi intensitas area terang. Selanjutnya mengurangi citra green channel sebagai mask dan citra reconstruction sebagai marker, citra hasil selanjutnya di hitung nilai histogramnya untuk diproses secara percentile dan dihitung nilai optimal menggunakan cuckoo



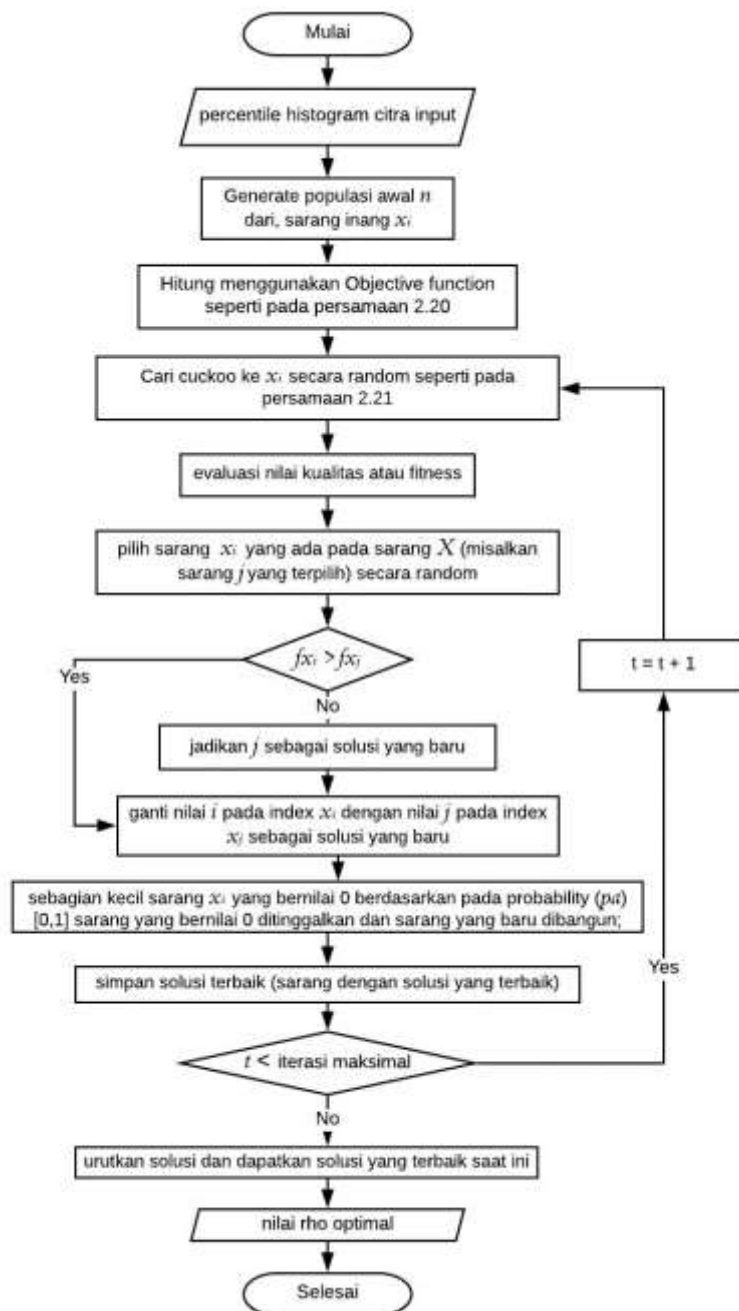
Gambar 3.6 Alur Diagram Final Segmentasi

search algorithm, nilai bestnest dari cuckoo search algorithm akan dijadikan parameter rho pada renyi entropy thresholding untuk mendapatkan nilai threshold terbaik.

Renyi entropy thresholding yang membagi area foreground (obyek) dan background, renyi entropy thresholding memiliki parameter pengontrol berupa rho (ρ) parameter ρ merupakan parameter untuk mendapatkan nilai threshold optimal, parameter ρ bernilai antara 0-1 sehingga agar nilai parameter tidak ditentukan secara statis akan dilakukan optimasi parameter ρ agar nilai yang didapatkan lebih adaptif menggunakan cuckoo search algorithm. Pada tahapan final segmentasi tahapan cuckoo search dan renyi entropy thresholding digunakan untuk memperbaiki hasil segmentasi awal exudates, dimana bagian exudates yang tidak tersegmentasi karena nilai pixel yang lebih terang dibandingkan optic disk, akan tersegmentasi dengan baik pada tahapan segmentasi akhir menggunakan cuckoo search dan renyi entropy thresholding.

3.6 Tahapan Cuckoo Search Algorithm

Tahapan *cuckoo search algorithm* ditunjukkan seperti pada Gambar 3.7. Citra Masukan di dapatkan setelah dilakukan pengurangan antara *green channel* dari citra original dengan citra *reconstruction* dengan menghitung nilai *percentile* dari *histogram image*. *Cuckoo search* menggunakan *objective function* $f(x_i) = \Gamma_{0,5} + f(x_{i-1})(\Gamma_{0,5} - \Gamma_{0,1})$ sampai didapatkan nilai *bestnest* yang optimal untuk digunakan pada tahapan *thresholding* yaitu tahapan *renyi entropy thresholding*. Jika nilai $f(x_i)$ mencapai generasi maksimum, hentikan kriteria untuk mencari generasi maksimum. Pada percobaan akan dilakukan sebanyak 50 kali iterasi, dengan jumlah nest sebanyak 5, dan jumlah solusi sebanyak 1 solusi. *Random levy flights* memiliki nilai varian yang optimal dengan mengenerate nilai secara random dalam varian *levy* digunakan untuk mengevaluasi nilai fitness yang dipilih secara random berdasarkan *nest* yang telah ditentukan. jika solusi baru lebih bagus dari



Gambar 3.7 Alur algoritma Cucko search

solusi lama, maka solusi baru akan disimpan, dan solusi yang didapatkan dilakukan perankingan dengan meranking solusi terbaik, selanjutnya dari seluruh solusi yang didapatkan hanya dipilih satu solusi terbaik saja.

Dengan penjelasan *pseudo code* pada *cuckoo search algorithm*

(*begin*) mulai

Generate populasi awal dari n , sarang inang x_i , ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Fungsi objectif (*objective function*) $f(x_i) = \Gamma_{0,5} + f(x_{i-1})(\Gamma_{0,5} - \Gamma_{0,1})$

while ($t < \text{Max Generation}$ (generasi maximum)) or (*stop criteria* (hentikan nilai kriteria))

cari cuckoo x_i secara random menggunakan metode *Lévy flights* seperti pada persamaan 2.21

evaluasi nilai kualitas atau fitness $f(x_i)$

pilih sarang x_i berdasarkan pada sarang X (*misalkan sarang j yang terpilih*) secara random

if ($f(x_i) > f(x_j)$),

ganti nilai i pada index x_i dengan nilai j pada index x_j sebagai solusi yang baru;

end if

sebagian kecil sarang yang bernilai 0 berdasarkan pada probability (pa) [0,1]

sarang yang bernilai 0 ditinggalkan dan sarang yang baru dibangun;

simpan solusi terbaik (sarang dengan solusi yang terbaik);

urutkan solusi dan dapatkan solusi yang terbaik saat ini

$t = t + 1$;

end while

hasil postprocess dan visualisasi

(*end*) selesai

Keterangan : selanjutnya nilai $f(x_i)$ optimal akan digunakan sebagai parameter ρ (ρ) pada tahapan renyi entropy thresholding.

3.7 Tahapan *Renyi Entrophy Thresholding*

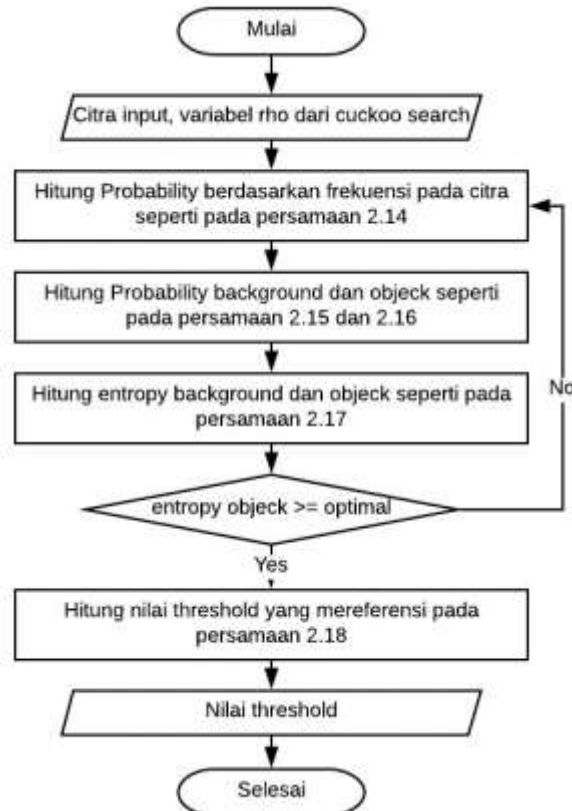
Tahapan *Renyi entropy thresholding* ditunjukkan seperti diagram pada Gambar 3.7. Input citra di dapatkan setelah dilakukan pengurangan antara *green channel* dari citra *originial* dengan citra *reconstruction*. *Renyi entropy thresholding* memiliki parameter ρ untuk mengontrol nilai *threshold* agar lebih baik. Parameter ρ didapatkan setelah dilakukan operasi *cuckoo search algorithm* dan *percentile method* untuk mendapatkan nilai parameter ρ secara *adaptif*.

Selanjutnya citra *input* dihitung nilai probability berdasarkan *frekuensi* pada citra menggunakan rumus *probability* $p(i) = \frac{f_i}{N}$. $\sum_{i=0}^{L-1} f_i = 0$, $i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, dimana nilai i dimulai dari 0 hingga nilai *grayscale* tertinggi 255-

I , f_i merupakan nilai *frekuensi* pada masing-masing nilai *graycale*, selanjutnya menghitung *probability background* dan *foreground/object* $P_b(t) = \sum_{i=0}^t p(i)$. $P_o(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p(i)$. Dimana menurut *renyi*, *probability* untuk *background* dan *foreground* dibagi mejadi *bi level*. Setelah di temukan *probability objek* dan *background* selanjutnya menghitung nilai *entropy* pada *objek* dan *background* dengan menambahkan parameter ρ yang di dapatkan dari proses *cuckoo search algorithm*, sehingga nilai ρ dapat dihasilkan lebih adaptif. Tahap ahir adalah menghitung nilai *threshold*.

3.8 Skenario Uji Coba

Skenario uji coba didasarkan dengan beberapa parameter dari metode optimasi *cuckoo search algorithm*. Pemberian beberapa parameter pada metode optimasi pada *cuckoo search algorithm* yang digunakan untuk mendapatkan nilai adaptif pada parameter *renyi entropy thresholding* sehingga didapatkan nilai *threshold* yang lebih optimal dengan variasi nilai parameter pengontrol pada *renyi*



Gambar 3.8 Tahapan Renyi Entropy Thresholding

yang didapatkan dari optimasi *cuckoo search algorithm*. Dengan batasan nilai parameter pengontrol pada *renyi entropy thresholding* adalah $0,5 \geq x \leq 1$. Nilai *threshold* yang didapatkan diharapkan mampu *mereduksi oversegmentasi exudates* pada metode morfologi. Selanjutnya hasil segmentasi dengan metode ini dibandingkan dengan nilai parameter pengontrol pada *renyi* secara *statis*.

3.9 Analisis Hasil

Untuk membandingkan hasil segmentasi citra fundus yang mengandung *exudates* dilakukan evaluasi kinerja secara kuantitatif. Evaluasi hasil segmentasi menggunakan perhitungan *sensitivity*, *specificity* dan *accuracy* terhadap citra *groundtruth* (David, 2011). *Sensitivity* didefinisikan sebagai nilai sensitivitas yang mengacu pada kemampuan hasil segmentasi untuk mendeteksi objek secara benar yang dinyatakan dengan observasi oleh ahli. *Sensitivity* dinyatakan dengan rasio perbandingan dari piksel *foreground* yang dikenali sebagai *foreground* sebagai *true positive (TP)* dengan piksel *foreground* yang dikenali sebagai *background* sebagai *false negative (FN)* ditunjukkan pada Gambar 3.9.

Sensitivity mengukur jumlah piksel objek yang dikenali sebagai objek *true positive (TP)* dengan jumlah objek yang dikenali sebagai *background* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$sensitivity = \frac{True\ Positive\ (TP)}{True\ Positive\ (TP) + False\ Negative\ (FN)} \quad \text{persamaan (3.1)}$$

Specificity mengukur jumlah piksel *background* yang dikenali sebagai *backgorund* yaitu *true negative (TN)* dengan jumlah *background* yang dikenali sebagai *foreground* yaitu *false positive (FP)* dapat dirumuskan sebagai berikut:

		Nilai sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	TP (True Positive)	FP (False Positive)
	FALSE	FN (False Negative)	TN (True Negative)

Gambar 3.9 *Confusion Matriks*

$$specificity = \frac{True\ Negative\ (TN)}{True\ Negative\ (TN) + False\ Positive\ (FP)} \quad \text{persamaan (3.2)}$$

Accuracy sebagai ukuran ketepatan algoritma di tingkat piksel. Piksel ini berdasarkan evaluasi mempertimbangkan empat nilai, yaitu *True Positive* (TP), jumlah piksel-piksel *exudates* terdeteksi dengan benar, *False Positive* (FP), jumlah piksel-piksel tanpa *exudates* yang terdeteksi secara salah sebagai piksel-piksel *exudates*, *False Negative* (FN), jumlah piksel-piksel *exudates* yang tidak terdeteksi dan *True Negative* (TN), jumlah piksel-piksel tanpa *exudates* yang secara benar diidentifikasi sebagai piksel-piksel tanpa *exudates*. Dirumuskan sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad \text{persamaan (3.3)}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lingkungan uji coba

Lingkungan uji coba pada penelitian tesis, dataset uji coba dilakukan pengujian dengan menggunakan komputer (laptop) dengan spesifikasi processor Intel(R) Core(TM) i3-2310M CPU @ 2.10GHz 2.10 GHz, memory(RAM) 8,00 GB(gigabyte), kapasitas hardisk 500 GB(gigabyte). Perangkat lunak yang digunakan dalam pengujian tesis adalah sistem operasi yang digunakan windows 64-bit operating system, matlab 2014Ra 64-bit, microsoft office 2013 64-bit, microsoft visio 2007 64-bit, adobe photoshop CS5.

4.2 Dataset Penelitian

Pada penelitian dataset yang digunakan adalah dataset dari DIARETDB1 image yang mengandung exudates dilihat dari *ground truth*nya seperti pada Gambar 4.1.

4.3 Preprocessing

4.3.1 Uji Coba Ruang warna LUV

Pengujian ruang warna pada usulan penelitian dilakukan dengan membandingkan ruang warna usulan LUV yaitu L channel, U channel dan V channel. Hal ini diperlukan untuk menentukan ruang warna yang memiliki nilai contrast paling baik antara area terang (exudates) dan area gelap (pembuluh darah, haemorrhages dan lainnya). Ketiga channel ruang warna digunakan untuk inputan



(a) Citra 1

(b) Citra 2

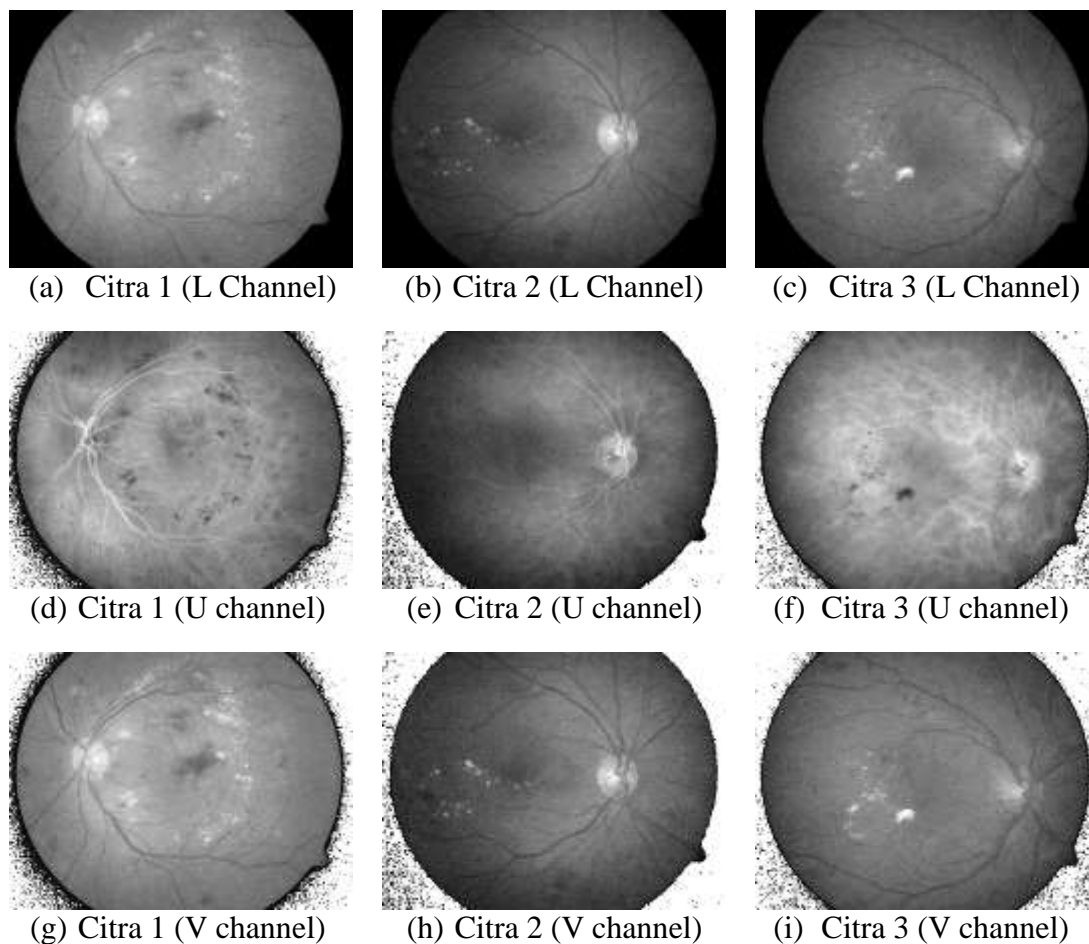
(c) Citra 3

Gambar 4.1 Citra original Fundus

proses pada morphological top-hat dan bottom-hat dalam menonjolkan nilai contrast area exudates. Penelitian ini mengambil 4 sampel image yang memiliki area exudates parah, dan kompleksitas tinggi, berupa pencahayaan yang tidak merata, dan obyek lain seperti haemorrhages yang terlihat jelas pada image.

Menggunakan ruang warna L channel dari LUV, memiliki beberapa kelebihan karena L channel memiliki nilai contrast yang baik antara area gelap (background) dan area terang (exudates), L channel juga memiliki nilai intensitas paling terang pada optic disk, sehingga area exudates nilai intensitasnya tidak melebihi nilai intensitas optic disk, ini akan mempermudah untuk menghapus area optic disk, sebelum masuk pada tahapan segmentasi exudates.

Pada Gambar 4.2 Gambar (a), (b), dan (c) area background terdeteksi hitam dengan area selain exudates terdeteksi dengan warna gray, akan tetapi area exudates terdeteksi dengan warna cerah. Pada Gambar (g), (h), dan (i) area exudates



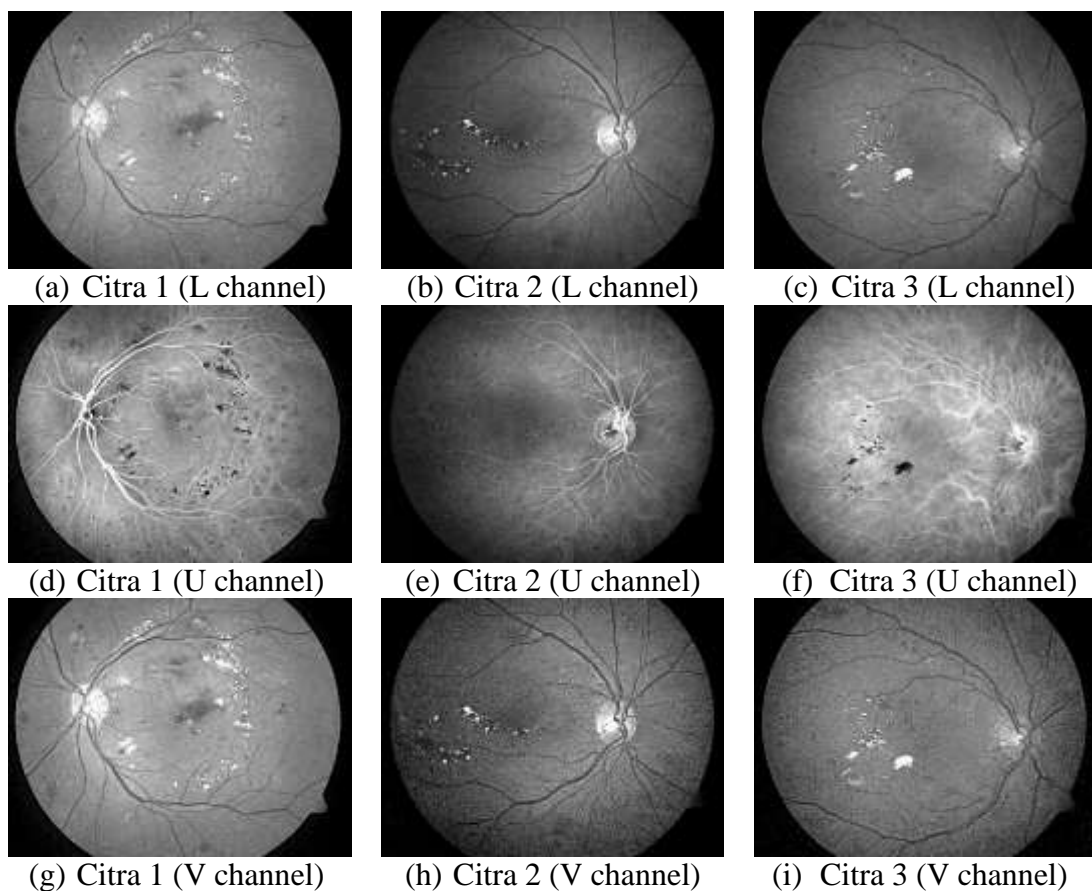
Gambar 4.2 Uji Coba Ruang Warna Citra Fundus

terdeteksi dengan baik juga, akan tetapi pada area background terdapat gradasi warna antara warna cerah dengan warna gelap, terjadi juga dengan ruang warna U channel seperti pada Gambar (d), (e), dan (f).

4.3.2 Uji Coba Morphological top-hat dan bottom-hat

Morphological top-hat dan bottom-hat digunakan untuk meningkatkan nilai contrast pada citra agar area cerah semakin menonjol dibandingkan area gelap.

Uji coba dibandingkan dengan masing-masing channel pada LUV channel dengan Gambar 4.3 (a), (b), dan (c) nilai contrast antara exudates dan background terpisah dengan baik yaitu menonjolkan area exudates, sedangkan Gambar 4.3 (g), (h), dan (i) area exudates terdapat beberapa noise dengan warna pixel berwarna hitam. Pada Gambar 4.3 (d), (e), dan (f) nilai contrast yang menonjol adalah area hitam yaitu bagian pembuluh darah.



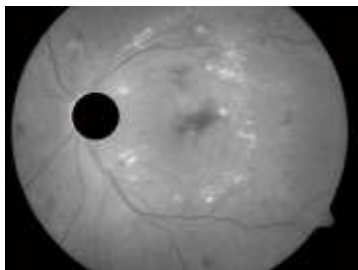
Gambar 4.3 Uji Coba Morphological Top-hat dan Bottom-Hat citra fundus

4.4 Segmentasi Awal

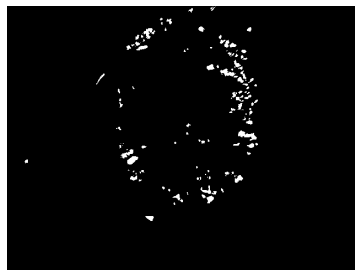
4.4.1 Optic Disk Removal

Optic disk removal dilakukan untuk menghapus area optic disk, karena optic disk memiliki nilai intensitas pixel dengan exudates, yaitu memiliki intensitas terang, sehingga penghapusan optic disk dapat meningkatkan nilai akurasi dari segmentasi exudates.

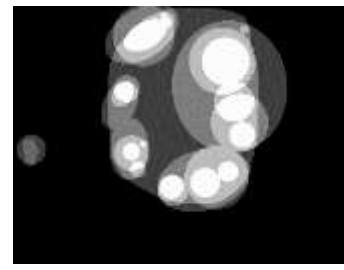
Optic disc dihapus menggunakan circle midpoint, dari Gambar 4.4 (a) optic disk dihapus dengan area lingkaran yang jari-jarinya dihitung dengan nilai 0.5 dikalikan dengan area maksimal, dengan hasil citra segmentasi pada Gambar 4.4(b), dibandingkan dengan ground truth pada Gambar 4.4(c)



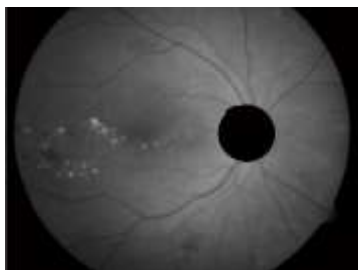
(a) Optic disc removal
Citra 1



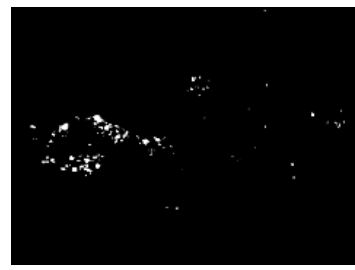
(b) Hasil segmentasi Citra 1



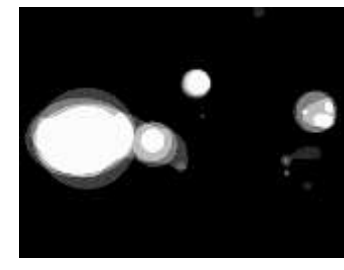
(c) Ground truth Citra 1



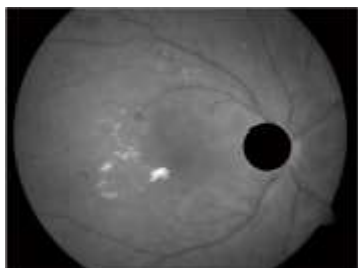
(d) Optic disc removal
Citra 2



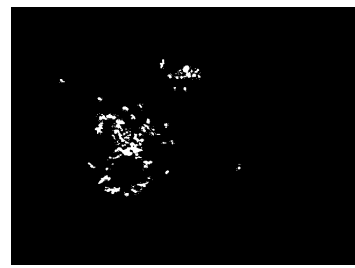
(e) Hasil segmentasi Citra
2



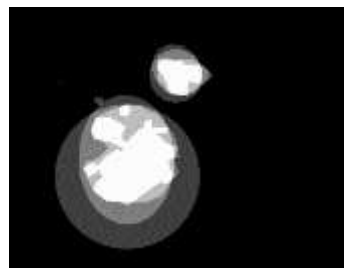
(f) Ground truth Citra 2



(g) Optic disc removal
Citra 3



(h) Hasil segmentasi Citra
3



(i) Hasil segmentasi Citra
3

Gambar 4.4 Uji coba optic disk removal

4.4.2 Cuckoo Search Algorithm

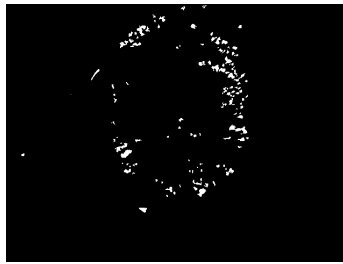
Cuckoo search algorithm dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter rho yang akan digunakan selanjutnya pada renyi entropy thresholding. Hal ini diperlukan untuk meningkatkan tingkat efektifitas dalam hasil segmentasi.

Tabel 4.1. Hasil nilai parameter optimal cuckoo search segmentasi awal exudates.

Image	Nilai cuckoo search optimal
Citra 1 L channel	Rho 1 = 0,7651 Sensitivity = 97,510186 Specificity = 99,950129 Akurasi = 99,915039
Citra 1 U channel	Rho 1 = 0,7651 Sensitivity = 0,950656 Specificity = 99,940221 Akurasi = 98,516602
Citra 1 V channel	Rho 1 = 0,7651 Sensitivity = 83,612494 Specificity = 99,679968 Akurasi = 99,448893
Citra 2 L channel	Rho 1 = 0,8000 Sensitivity = 85,252756 Specificity = 99,972420 Akurasi = 99,846354
Citra 2 U channel	Rho 1 = 0,8000 Sensitivity = 8,437856 Specificity = 99,886397 Akurasi = 99,103190
Citra 2 V channel	Rho 1 = 0,8000 Sensitivity = 60,737362 Specificity = 99,950093 Akurasi = 99,614258
Citra 3 L channel	Rho 1 = 0,8852 Sensitivity = 88,781625 Specificity = 99,807690 Akurasi = 99,699870
Citra 3 U channel	Rho 1 = 0,8852 Sensitivity = 2,996005 Specificity = 99,884614 Akurasi = 98,937174
Citra 3 V channel	Rho 1 = 0,8852 Sensitivity = 75,399467 Specificity = 99,645952 Akurasi = 99,408854

Penggunaan nilai rho secara statis dapat menyebabkan nilai segmentasi hanya optimal pada beberapa citra tetapi undersegmentasi pada citra lain, selain itu dengan generate secara otomatis nilai rho menggunakan cuckoo search dapat menentukan nilai paling optimal pada citra.

Cuckoo search menggunakan *objective function* $\rho_x = \Gamma_{0,5} + \rho(\Gamma_{0,5} - \Gamma_{0,1})$ nilai $\Gamma_{0,5}$ didapatkan dari nilai percentile *histogram* dari *image* menggunakan nilai minimal dengan 0,5 karena jika nilai dibawah 0 maka nilai *bestnest* yang akan



(a) Hasil segmentasi citra
1 L channel nilai rho
(0,7651)



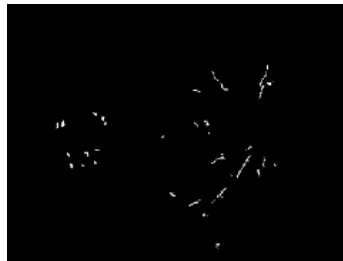
(b) Hasil segmentasi citra
1 U channel nilai rho
(0,7651)



(c) Hasil segmentasi citra
1 V channel nilai rho
(0,7651)



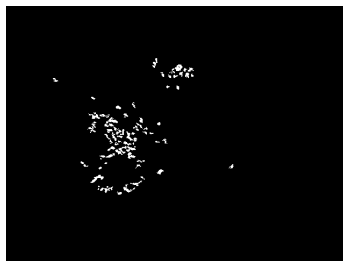
(d) Hasil segmentasi citra
2 L channel nilai rho
(0,8000)



(e) Hasil segmentasi citra
2 U channel nilai rho
(0,8000)



(f) Hasil segmentasi citra 2
V channel nilai rho
(0,8000)



(g) Hasil segmentasi citra
2 L channel nilai rho
(0,8852)



(h) Hasil segmentasi citra
2 V channel nilai rho
(0,8852)



(i) Hasil segmentasi citra 2
V channel nilai rho
(0,8852)

Gambar 4.5 Uji coba cuckoo search algorithm

dihasilkan akan menyebabkan nilai parameter ρ menjadi kecil sekali, sehingga menyebabkan oversegmentasi pada *thresholding* pada tahapan *renyi entropy thresholding*.

Pada Tabel 4.1 nilai parameter optimal yang didapatkan dari cuckoo search menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik, dibandingkan dengan nilai parameter yang disetting secara manual, cuckoo search juga dapat mengenerate nilai parameter lebih bervariasi.

Pada Gambar 4.5 (a), (b), dan (c) merupakan hasil uji coba training menggunakan cuckoo search algorithm didapatkan bahwa nilai parameter optimal yang didapatkan untuk citra 1, 2, dan 3 masing-masing 0,7651, 0,8000, dan 0,8852 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, kemudian parameter optimal di lakukan training pada U channel dan V channel. Area U channel Gambar 4.5 (d), (e), dan (f) yang dideteksi adalah pembuluh darah karena U channel lebih pada area gelap, sedangkan V channel Gambar 4.5 (g), (h), dan (i) untuk citra yang memiliki pencahayaan terang exudates dapat disegmentasi dengan sangat baik, akan tetapi kekurangannya jika pencahayaan pada citra agak gelap maka akan mengakibatkan area oversegmentasi pada area background.

4.4.3 Renyi Entropy Thresholding

Perhitungan histogram merupakan bagian paling penting untuk menentukan nilai threshold antara entropy background dan entropy foreground. . Input citra di dapatkan setelah dilakukan pengurangan antara *green channel* dari citra *original* dengan citra *reconstruction*. *Renyi entropy thresholding* memiliki parameter ρ untuk mengontrol nilai *threshold* agar lebih baik. Renyi entropy thresholding dapat memotong titik tengah antara background dan foreground.

Pada Lampiran 1 merupakan hasil uji coba L channel, U channel dan V channel, hasil L channel dan V channel hampir sama karena citra memiliki nilai histogram yang sama, citra 1 memiliki nilai pencahayaan yang baik sehingga V channel dapat mensegmentasi exudates dengan baik. Pada Lampiran 1 (c), (i), dan (o) hasil segmentasi antara L channel, pada V channel terjadi oversegmentasi, karena V channel tidak dapat mengatasi citra yang memiliki nilai pencahayaan tidak merata. Pada Lampiran 1 (g), (m), dan (s) terlihat hasil segmentasi antara L channel

dan V channel, pada V channel terjadi oversegmentasi karena V channel tidak dapat mengatasi citra yang tidak memiliki nilai pencahayaan merata.

4.5 Segmentasi Akhir

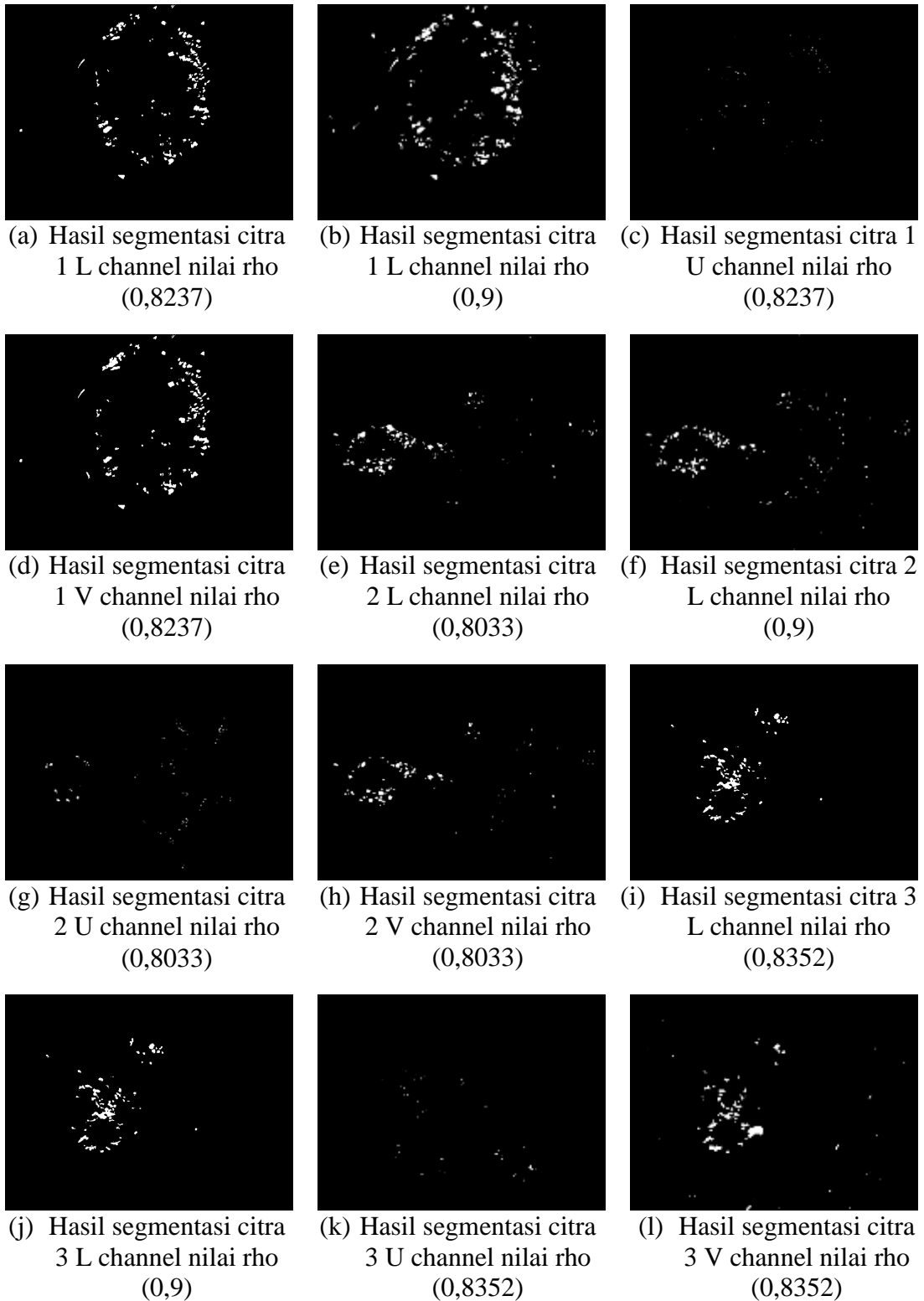
4.5.1 Cuckoo search algorithm

Cuckoo search algorithm dilakukan sebelum dilakukan renyi thresholding untuk mendapatkan nilai rho parameter yang digunakan pada proses renyi entropy thresholding. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai paling optimal parameter

Tabel 4.2 Hasil nilai parameter optimal cuckoo search segmentasi akhir exudates.

Citra	Nilai Cuckoo Search Optimal
Citra 1 L channel	Rho 1 = 0,7651 Rho 2 = 0,8237
Citra 1 L channel	Rho 1 = 0,9 Rho 2 = 0,9
Citra 1 U channel	Rho 1 = 0,7651 Rho 2 = 0,8237
Citra 1 V channel	Rho 1 = 0,7651 Rho 2 = 0,8237
Citra 2 L channel	Rho 1 = 0,8000 Rho 2 = 0,8033
Citra 2 L channel	Rho 1 = 0,9 Rho 2 = 0,9
Citra 2 U channel	Rho 1 = 0,8000 Rho 2 = 0,8033
Citra 2 V channel	Rho 1 = 0,8000 Rho 2 = 0,8033
Citra 3 L channel	Rho 1 = 0,8852 Rho 2 = 0,8352
Citra 3 L channel	Rho 1 = 0,9 Rho 2 = 0,9
Citra 3 U channel	Rho 1 = 0,8852 Rho 2 = 0,8352
Citra 3 V channel	Rho 1 = 0,8852 Rho 2 = 0,8352

rho pada thresholding renyi entropy. Dilihat dari Gambar 4.6 (a) nilai optimal dari cuckoo search dapat mengurangi over segmentasi pada citra dibandingkan dengan



Gambar 4.6 uji coba Cuckoo search algorithm

Gambar (b) yang di set secara manual dengan nilai tertinggi 0,9.

Pada Gambar 4.6 (a), (e), dan (i) nilai parameter yang didapatkan dari cuckoo search dapat mengurangi oversegmentasi pada proses thresholding dibandingkan dengan parameter statis pada Gambar 4.6 (b), (f), dan (j) hasil segmentasi menghasilkan oversegmentasi pada area exudates. Hasil segmentasi juga dibandingkan dengan V channel pada Gambar 4.6 (d), (h), dan (l), oversegmentasi terjadi pada area background.

Pada Tabel 4.2 nilai parameter optimal yang didapatkan dari cuckoo search menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik, dibandingkan dengan nilai parameter yang disetting secara manual, cuckoo search juga dapat mengenerate nilai parameter lebih bervariasi.

4.5.2 Renyi Entropy Thresholding

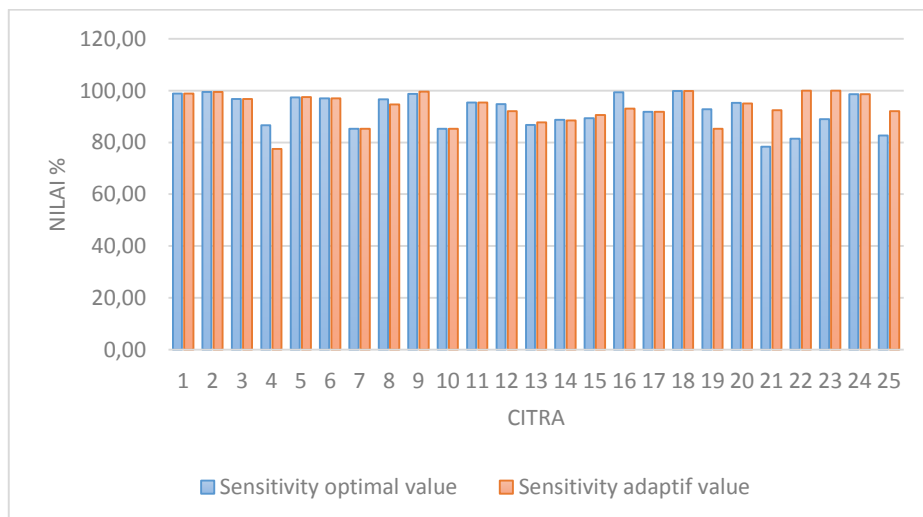
Renyi entropy thresholding dilakukan setelah tahapan cuckoo search algorithm, renyi menggunakan nilai histogram dari citra untuk menentukan nilai entropy background dan entropy foreground. Setelah didapatkan nilai parameter rho dari cuckoo search algorithm, parameter inilah yang akan digunakan pada proses renyi entropy thresholding, untuk mengontrol nilai threshold pada renyi entropy thresholding.

Pada Lampiran 2 (c), (i), dan (o) merupakan hasil segmentasi L channel dibandingkan dengan segmentasi awal pada Lampiran 2 (c), (i), dan (o) exudates yang tidak dideteksi pada segmentasi awal, pada final segmentasi dapat tersegmentasi dengan baik, karena pada segmentasi awal tidak hanya untuk mensegmentasi exudates saja, akan tetapi juga untuk melakukan removing pada optic disk, sehingga exudates yang memiliki luasan lebih dari optic disk akan dihapus. Hasil segmentasi L channel juga dibandingkan dengan V channel pada Lampiran 2 (g), (m), dan (s), masih lebih baik L channel untuk mendeteksi exudates, karena pada V channel masih terdapat oversegmentasi pada area background dikarenakan V channel tidak dapat mengatasi citra yang pencahayaannya tidak merata.

4.6 Analisa Penelitian

Pada tahapan ini melakukan analisis hasil penelitian berdasarkan hasil segmentasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *Mathematical Morphology* dan Kombinasi *Renyi Entropy Thresholding dengan Cuckoo Search Optimization algorithm*. Evaluasi kinerja dari segmentasi berdasarkan pada kinerja sensitivity, specificity dan accuracy. Dimana hasil segmentasi dikatakan semakin mendekati gorundt truth jika nilai sensitivity, specificity, dan accuracy semakin mendekati angka seratus persen (100%). Rumus persamaan perhitungan terdapat pada persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3). Data yang diujikan adalah database DiaretDB01 dengan citra yang mengandung exudates. Metode yang dijadikan pembanding adalah Morphology dengan thresholding manual sopharak, Fuzzy C-Means sopharak, Renyi entropy Thresholding, Neural Network gracia seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.

Perbandingan sensitivity pada Gambar 4.7 merupakan perbandingan sama-sama menggunakan morfology dan cuckoo search algortihm dengan renyi entropy thresholding, hanya saja yang dibandingkan adalah cuckoo search setelah didapatkan nilai secara adaptif (nilai parameter berbeda-beda setiap citra) dengan didapatkan nilai yang paling optimal untuk semua citra (setelah dilakukan training berkali-kali).

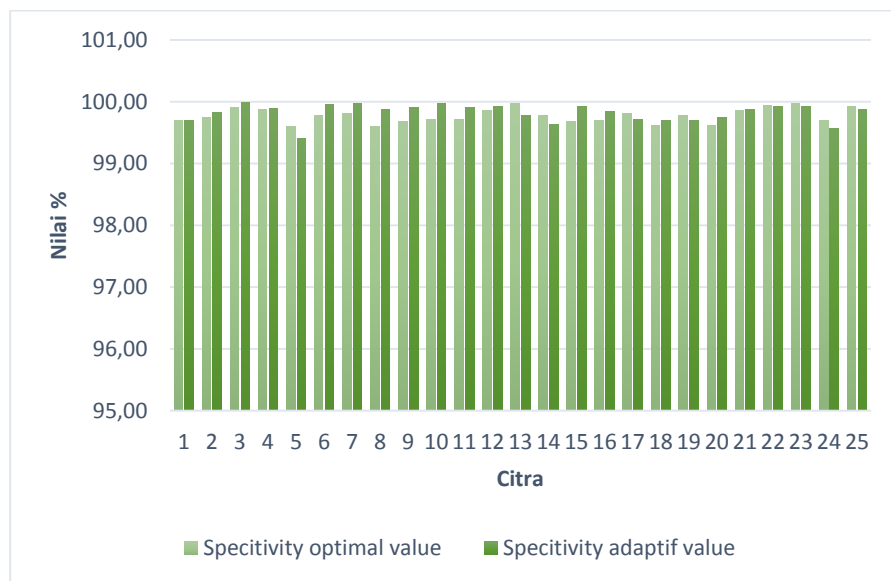


Gambar 4.7 Sensitivity DiaretDB01

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa nilai optimal yang didapatkan melalui proses training, yaitu nilai dari proses training jika dibandingkan dengan nilai secara adaptif dari masing-masing citra, nilai adaptif masih lebih baik, akan tetapi nilai optimal tidak mengalami undersegmentasi pada segmentasi exudates. Dengan nilai sensitivity untuk parameter value optimal yang didapat dari cuckoo search adalah 92,26% dan nilai dari parameter adaptif yang didapatkan dari cuckoo search adalah 93,37%.

Hasil specificity Pada Gambar 4.8 merupakan hasil perbandingan nilai dari proses training jika dibandingkan dengan nilai secara adaptif dari masing-masing citra, nilai adaptif masih lebih baik, akan tetapi nilai optimal tidak mengalami undersegmentasi pada segmentasi exudates. Specificity dengan hasil parameter yang didapatkan menggunakan parameter optimal dengan nilai 99,77% dan parameter yang didapatkan secara adaptif dari masing-masing citra dengan nilai sebesar 99,82%

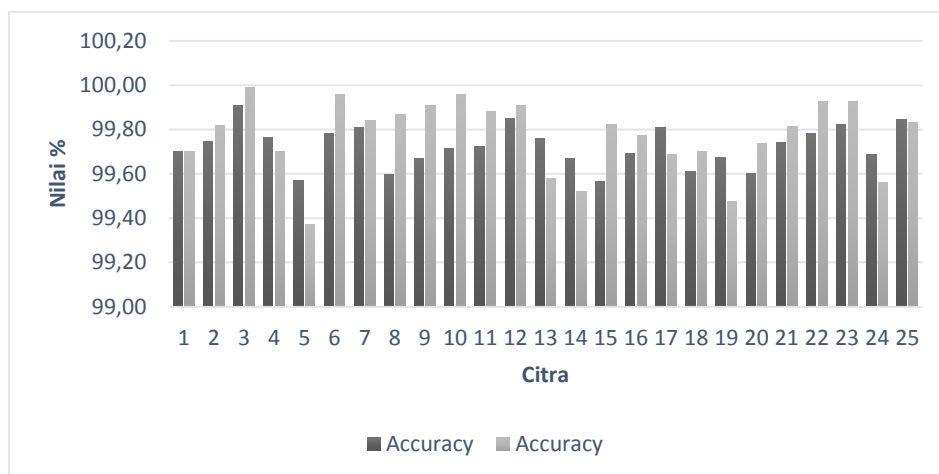
Hasil accuracy Pada Gambar 4.9 adalah hasil perbandingan dengan nilai nilai dari proses training jika dibandingkan dengan nilai secara adaptif dari masing-masing citra, nilai adaptif masih lebih baik, akan tetapi nilai optimal tidak mengalami undersegmentasi pada segmentasi exudates. Accuracy dengan hasil parameter yang didapatkan dari cuckoo search dengan parameter optimal dengan



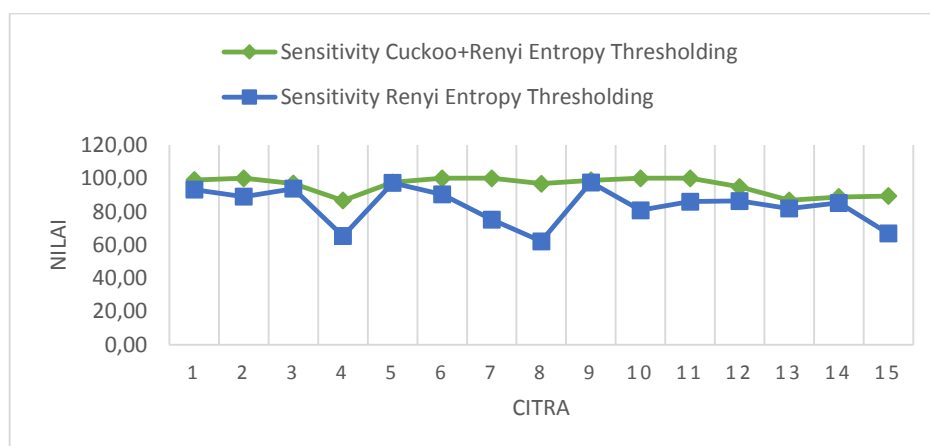
Gambar 4.8 Specificity DiaretDB01

nilai accuracy sebesar 99,72% dan parameter yang didapatkan secara adaptif dari masing-masing citra nilai akurasi yang dicapai didapatkan sebesar 99,77%

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa nilai optimal yang didapatkan melalui cuckoo search optimization dan renyi entropy thresholding jika dibandingkan dengan nilai renyi entropy thresholding dari masing-masing citra nilai akurasi dengan menggunakan cuckoo search optimization dan renyi entropy thresholding lebih baik dibandingkan renyi entropy thresholding dengan parameter statis tanpa optimasi. Dengan nilai sensitivity untuk parameter cuckoo search dan renyi entropy thresholding adalah 92,26% dan nilai dari segmentasi hanya menggunakan renyi entropy thresholding adalah 83,35%. terlihat hasil segmentasi pada citra nomor 4 dan citra nomor 8 nilai sensitivity sangat kecil karena terjadi



Gambar 4.9 Accuracy DiaretDB01



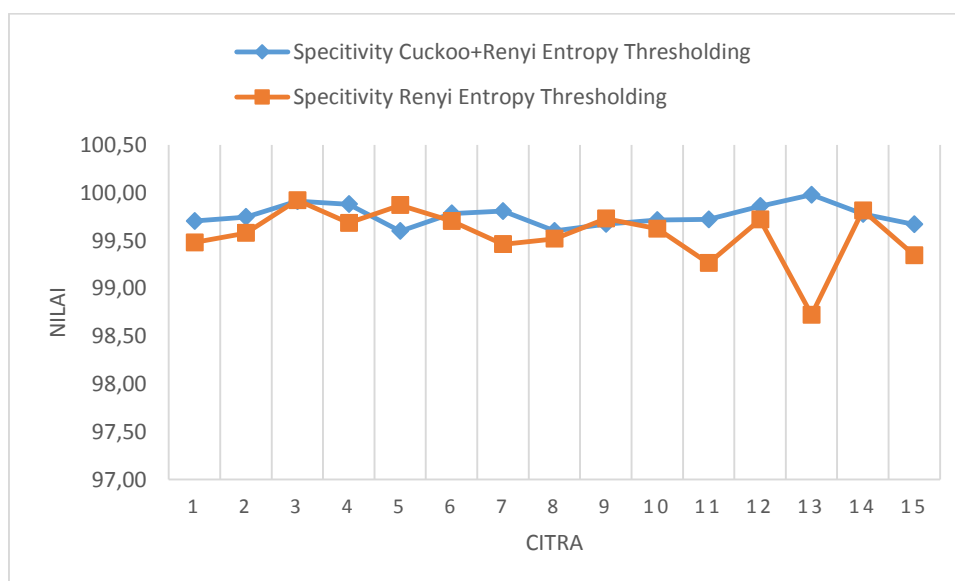
Gambar 4.10 Perbandingan nilai Sensitivity

oversegmentasi saat segmentasi hanya digunakan metode renyi entropy thresholding dengan parameter rho 0,9

Hasil specificity Pada Gambar 4.11 merupakan hasil perbandingan nilai antara renyi entropy thresholding dan cuckoo search algorithm optimization nilai dengan menggunakan parameter adaptif dari cuckoo search mendapatkan nilai rata-rata specificity lebih baik dibandingkan tidak menggunakan parameter adaptif. Nilai specificity segmentasi menggunakan renyi entropy thresholding sebesar 99,56% dan renyi entropy thresholding dengan cuckoo search dengan nilai sebesar 99,77% dan. pada citra nomor 5 nilai sensitivity lebih tinggi dibandingkan dengan metode usulan karena hasil segmentasi area background lebih lebar, akan tetapi pada Gambar 4.11 nilai sensitivity lebih kecil dibandingkan dengan metode usulan.

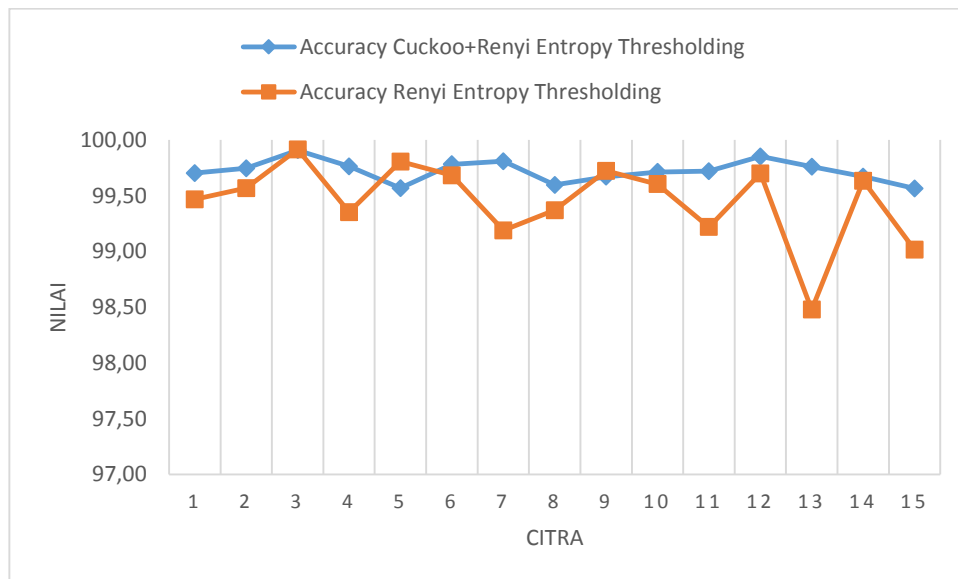
Hasil accuracy Pada Gambar 4.12 adalah hasil perbandingan segmentasi menggunakan cuckoo search optimization dan renyi entropy thresholding dengan segmentasi menggunakan renyi entropy thresholding nilai parameter yang didapatkan dari cuckoo search dengan parameter optimal dengan nilai accuracy sebesar 99,72% dan dengan menggunakan metode renyi entropy thresholding didapatkan sebesar 99,44% menunjukkan bahwa metode usulan lebih baik dibandingkan metode renyi entropy thresholding tanpa parameter adaptif

Berdasarkan perbandingan sensitivity pada Gambar 4.13 merupakan hasil perbandingan dengan beberapa metode lain. Dengan hasil sensitivity dari metode

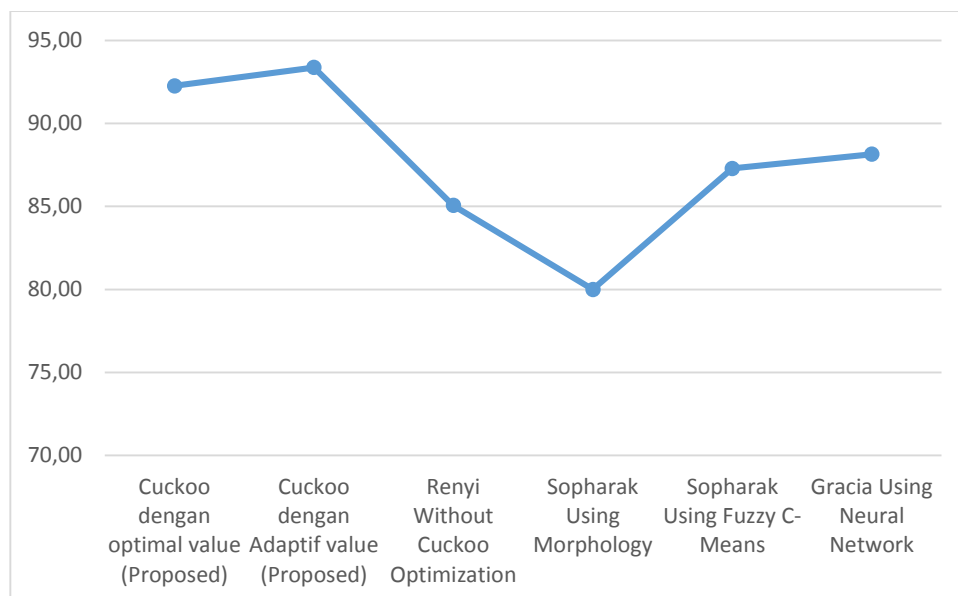


Gambar 4.11 Perbandingan nilai Specificity

cuckoo search dengan renyi entropy thresholding mencapai nilai 92,26%. Metode usulan lebih unggul dibandingkan dengan beberapa metode, karena metode renyi entropy thresholding dengan parameter adaptif yang didapatkan dari cuckoo search dapat mencari nilai optimal untuk mendapatkan parameter rho terbaik yang akan digunakan pada proses renyi entropy thresholding.



Gambar 4.13 Perbandingan nilai Accuracy



Gambar 4.12 Perbandingan Sensitivity dengan Beberapa Metode

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Deteksi exudates dapat dilakukan menggunakan metode morfologi, dengan menggunakan L-channel dari LUV colorspace. L-channel dapat digunakan karena untuk citra yang memiliki pencahayaan lebih.
2. Segmentasi exudates dapat dilakukan menggunakan renyi entropy thresholding dengan penentuan parameter menjadi adaptif pada renyi entropy thresholding menggunakan cuckoo search algorithm.
3. Penentuan otomatisasi parameter pada renyi entropy thresholding menggunakan cuckoo search algorithm untuk segmentasi citra fundus yang mengandung exudates berhasil dilakukan dengan dibuktikan nilai rata-rata Sensitivity, Specificity, dan Accuracy berturut-turut 92,26%, 99,77% dan 99,72%.

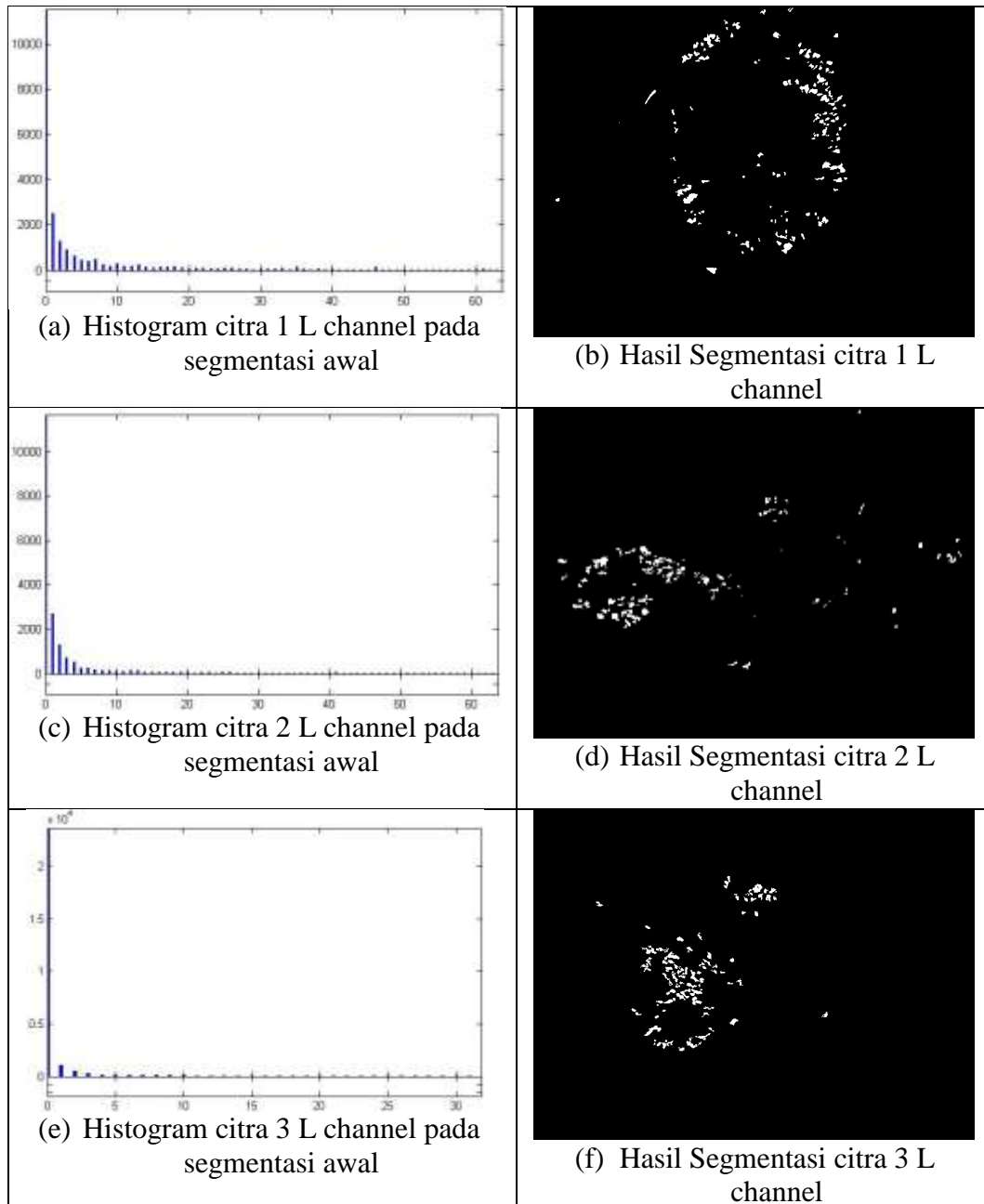
5.2 Saran

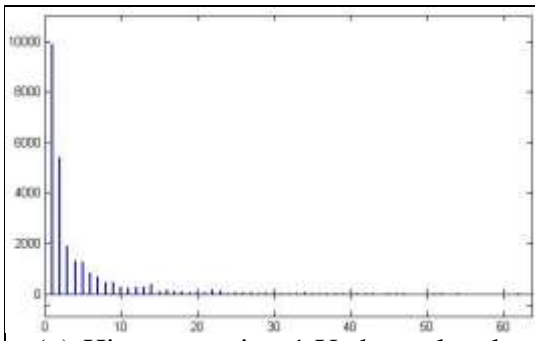
1. Pada penelitian ini hanya berfokus pada penentuan parameter *renyi entropy thresholding* secara otomatis dan tidak mempertimbangkan tentang *refinement* dan fitur untuk menghilangkan *noise*, *noise* sangat mempengaruhi hasil segmentasi dengan menggunakan *renyi entropy thresholding*, karena renyi entropy thresholding bisa juga mendeteksi noise sebagai exudates.
2. Pada metode renyi entropy perhitungan nilai probability antara obyek dan background tidak menggunakan penyeimbang sehingga banyak kemungkinan nilai probability background juga di anggap menjadi probability obyek oleh renyi entropy thresholding.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

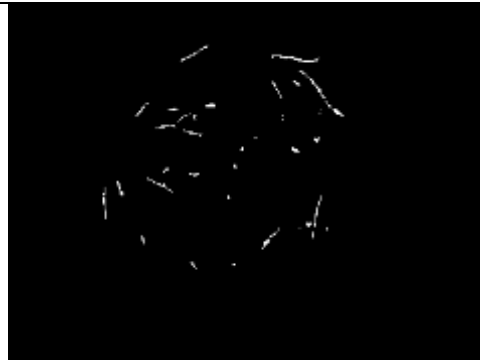
LAMPIRAN

1. Lampiran 1 uji coba Renyi *entropy thresholding* segmentasi awal

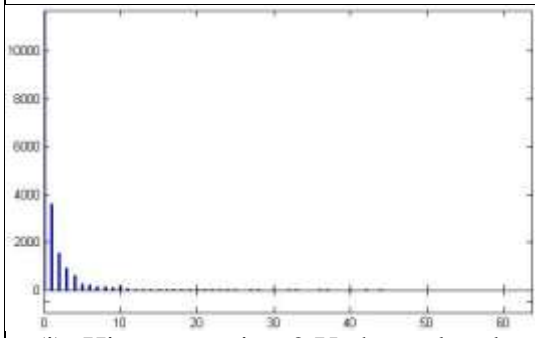




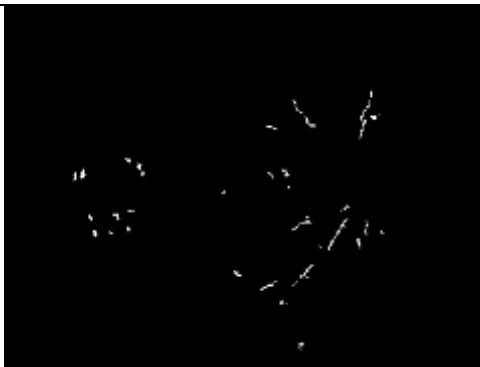
(g) Histogram citra 1 U channel pada segmentasi awal



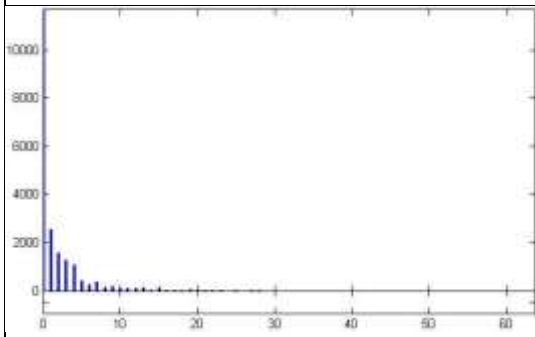
(h) Hasil Segmentasi citra 1 U channel



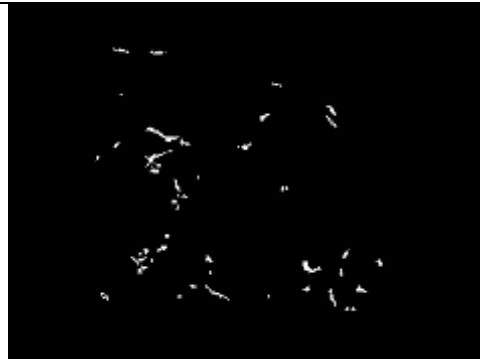
(i) Histogram citra 2 U channel pada segmentasi awal



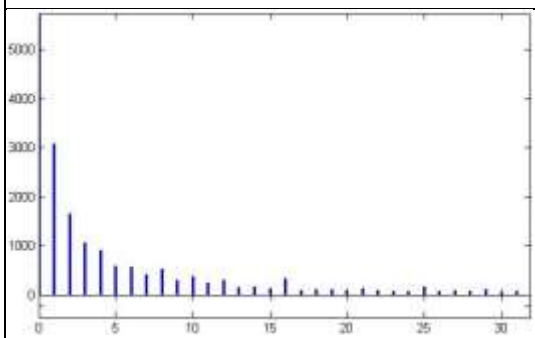
(j) Hasil Segmentasi citra 2 U channel



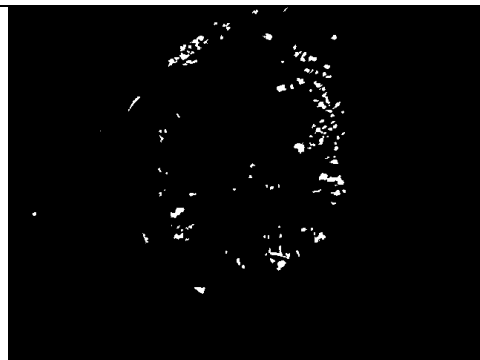
(k) Histogram citra 3 U channel pada segmentasi awal



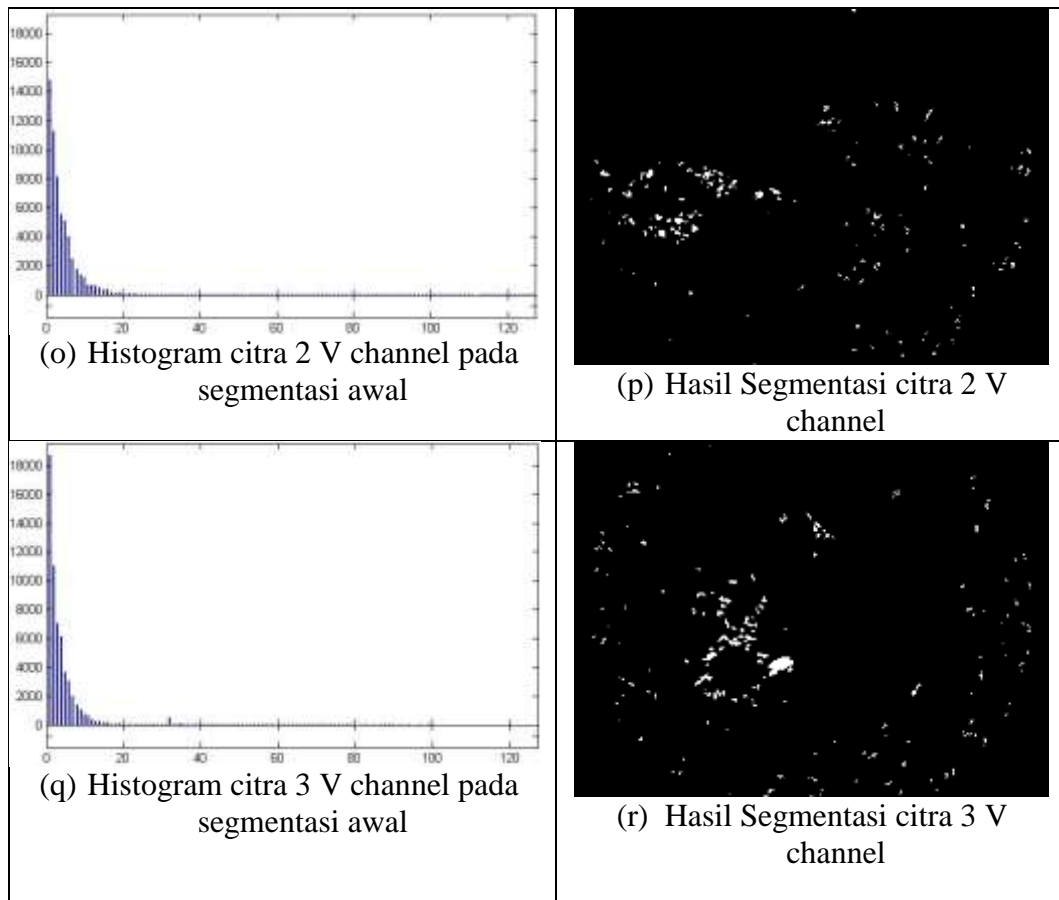
(l) Hasil Segmentasi citra 3 U channel



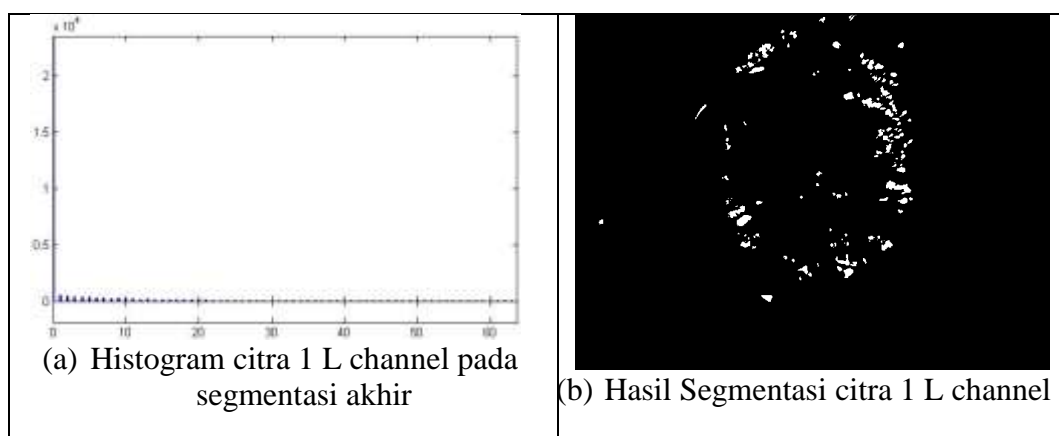
(m) Histogram citra 1 V channel pada segmentasi awal

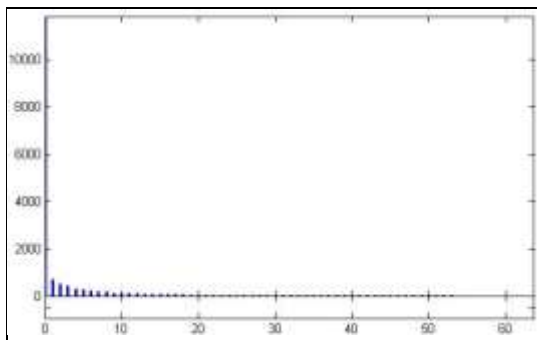


(n) Hasil Segmentasi citra 1 V channel



2. Lampiran 2 uji coba Renyi *entropy thresholding* segmentasi akhir

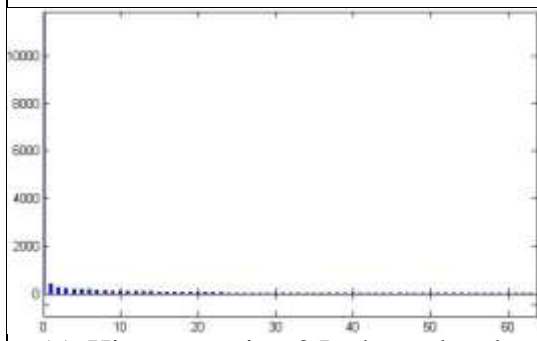




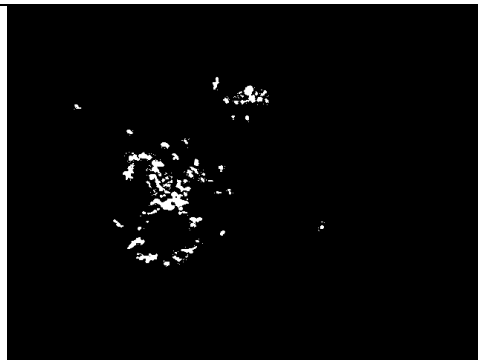
(c) Histogram citra 2 L channel pada segmentasi akhir



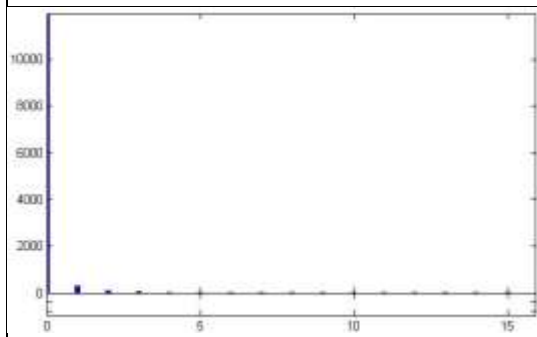
(d) Hasil Segmentasi citra 2 L channel



(e) Histogram citra 3 L channel pada segmentasi akhir



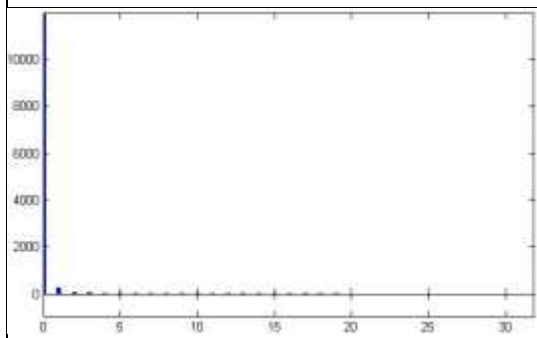
(f) Hasil Segmentasi citra 3 L channel



(g) Histogram citra 1 U channel pada segmentasi akhir



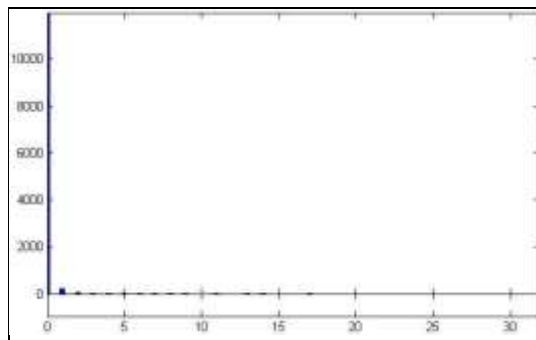
(h) Hasil Segmentasi citra 1 U channel



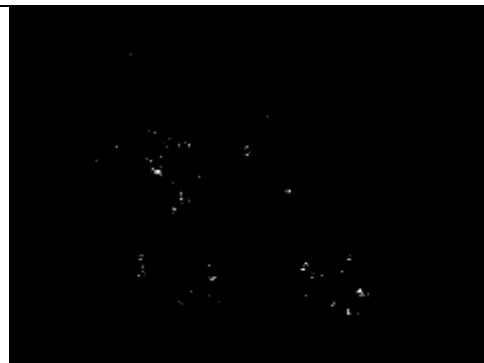
(i) Histogram citra 2 U channel pada segmentasi akhir



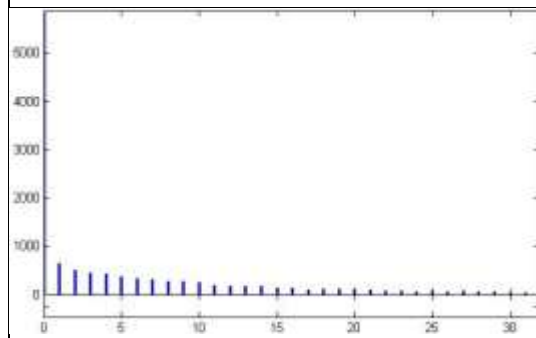
(j) Hasil Segmentasi citra 2 U channel



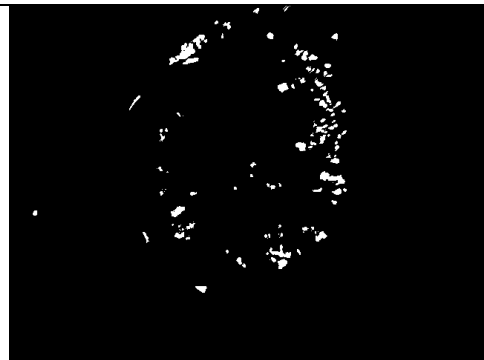
(k) Histogram citra 3 U channel pada segmentasi akhir



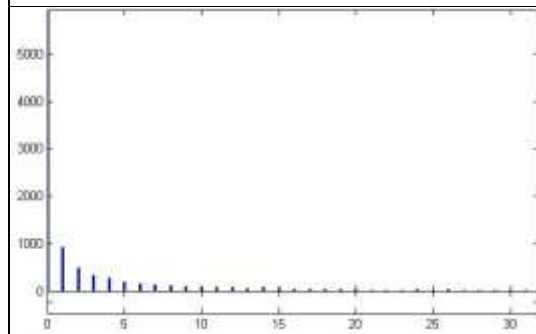
(l) Hasil Segmentasi citra 3 U channel



(m) Histogram citra 1 V channel pada segmentasi akhir



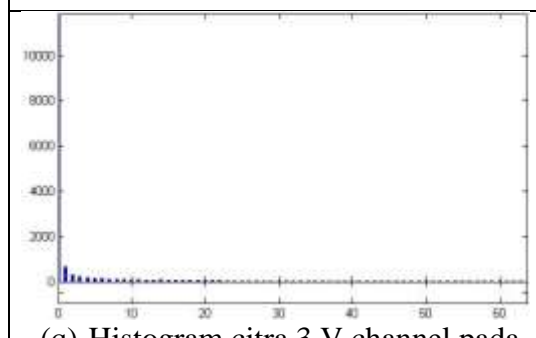
(n) Hasil Segmentasi citra 1 V channel



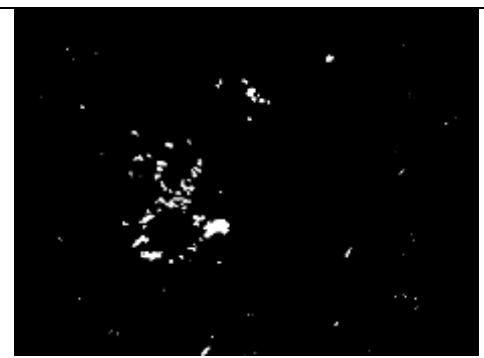
(o) Histogram citra 2 V channel pada segmentasi akhir



(p) Hasil Segmentasi citra 2 V channel



(q) Histogram citra 3 V channel pada segmentasi akhir



(r) Hasil Segmentasi citra 1 V channel

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Usman. (2005). *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Abdul Kadir, Adhi Susanto. (2013). *Pengolahan Citra Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.
- Sianipar, R.H. (2013). *Pemrograman Matlab dalam Contoh dan Penerapan*. Informatika: Bandung.
- Prasetyo Eko. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi
- Xin-She Yang. (2010). *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms Second Edition*. United Kingdom: Luniver Press
- Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods. (2006). *Digital Image Processing Third Edition*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Adel, A., Shareha, A., Rajeswari, M., & Ramachandram, D. (2008). Textured Renyi Entropy for Image Thresholding. *Fifth International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualisation*, 185–192.
- Akay, B. (2013). A study on particle swarm optimization and artificial bee colony algorithms for multilevel thresholding. *Applied Soft Computing Journal*, 13(6), 3066–3091.
- Bhandari, A. K., Singh, V. K., Kumar, A., & Singh, G. K. (2014). Cuckoo search algorithm and wind driven optimization based study of satellite image segmentation for multilevel thresholding using Kapur's entropy. *Expert Systems with Applications*, 41(7), 3538–3560.
- David. (2011). Evaluation: From Precision, Recall and F-Factor to ROC, Informedness, Markedness & Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2 (1), 37–63.
- Harnrnouche, K., Diaf, M., & Siarry, P. (2010). A comparative study of various meta-heuristic techniques applied to the multilevel thresholding problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23(5), 676–688.
- Kapur, J. N., Sahoo, P. K., & Wong, A. K. C. (1985). A new method for gray-level

- picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 29(3), 273–285.
- Kauppi, T., Kalesnykiene, V., Kamarainen, J.-K., Lensu, L., Sorri, I., Raninen, A., ... Pietila, J. (2007). the DIARETDB1 diabetic retinopathy database and evaluation protocol. *Proceedings of the British Machine Vision Conference 2007*, 15.1-15.10.
- Sahoo, P., Wilkins, C., & Yeager, J. (1997). *Threshold selection using Renyi's entropy. Pattern Recognition* (Vol. 30). Pergamon.
- Sopharak, A., Uyyanonvara, B., Barman, S., & Williamson, T. H. (2008). Automatic detection of diabetic retinopathy exudates from non-dilated retinal images using mathematical morphology methods. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 32, 720–727.
- Suresh, S., & Lal, S. (2016). An efficient cuckoo search algorithm based multilevel thresholding for segmentation of satellite images using different objective functions. *Expert Systems with Applications*, 58, 184–209.
- Tjandrasa, H., Ariesianti, I., & Anggoro, R. (2015). Classification of Non-Proliferative Diabetic Retinopathy Based on Segmented Exudates using K-Means Clustering. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 1, 1–8.
- Tjandrasa, H., Wijaya, A. Y., Ariesianti, I., & Salyasari, N. D. (2013). Segmentation of Hard Exudates in Retinal Fundus Images Using Fuzzy C-Means Clustering With Spatial Correlation. *The Proceedings of The 7th ICTS, Bali*, 39–44.
- Yang, X.-S., & Deb, S. (2009a). Cuckoo Search via Levy Flights. *World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing*, 210–214.
- Yang, X.-S., & Deb, S. (2009b). Cuckoo Search via Lévy Flights. *NaBIC'09*, 210–214.

BIOGRAFI PENULIS



Dinial utami nurul qomariah. Anak tunggal, kelahiran Jember 05 april 1993 dari pasangan suami istri paedi dan marsuni. Pendidikan formal SDN Sumber Jeruk 4 lulus tahun 2005, SMPN 1 Kalisat lulus tahun 2008, SMAN 1 Kalisat lulus tahun 2011, D3 Politeknik Negeri Jember lulus tahun 2014, D4 Politeknik Elektronika Negeri Surabaya lulus

tahun 2016, dan Pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016. Penulis dapat dihubungi melalui email guedinial@gmail.com.